

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO AURÉLIO COLATUSO

**A ENERGIA SOLAR E SUA CONTRIBUIÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA DO
PARANÁ: ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL**

CURITIBA

2018

RICARDO AURÉLIO COLATUSO

**A ENERGIA SOLAR E SUA CONTRIBUIÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA DO
PARANÁ: ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento no curso de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade Federal do Paraná – Linha de Pesquisa: Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientadores:

Prof. Dr. Carlos Henrique Coimbra Araújo
Prof^a. Dr^a. Sigrid de Mendonça Andersen

CURITIBA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR -
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, DOUGLAS ALEX JANKOSI CRB 9/1167
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Colatusso, Ricardo Aurélio

C683e A energia solar e sua contribuição na matriz energética do
Paraná: aspectos socioambientais e de sustentabilidade local /
Ricardo Aurélio Colatusso. - Curitiba, 2018.
137 f.; il.; grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor
de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Meio
Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Carlos Henrique Coimbra Araújo
Coorientadora: Sigrid de Mendonça Andersen

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Geração de energia
fotovoltaica - Paraná. 3. Energia solar - Paraná. 4. Desenvolvimento
sustentável. I. Araújo, Carlos Henrique Coimbra. II. Andersen, Sigrid
de Mendonça. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDU 620.92(816.2)

TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO

TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RICARDO AURÉLIO COLATUSSO** intitulada: **A ENERGIA SOLAR E SUA CONTRIBUIÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ: ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 14 de Março de 2018.


CARLOS HENRIQUE COIMBRA ARAÚJO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


EDUARDO FELGA GOBBI
Avaliador Externo (PPGMAUI)


FABIANA DE NADAI ANDREOLLI
Avaliador Externo (PUC/PR)

**A Vanessa, Bernardo e Bruna,
pelos momentos que juntos não vivenciamos.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar o meu caminho e não me deixar fraquejar mesmo nos momentos difíceis.

Aos meus pais João Ilario Colatusso e Estela Maria Colatusso, pela transmissão da ética e pelo apoio incondicional e silencioso.

À minha esposa Vanessa e aos meus filhos Bernardo e Bruna, minhas fontes de inspiração, incentivo e esperança em ajudar a construir um mundo melhor.

Agradeço a Prof^a. Dra. Maria do Rosário Knechtel por ter me incentivado a entrar neste programa de pós graduação, pela disponibilidade, apoio sempre presente e pelos inúmeros momentos de conversas sobre diversos assuntos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Henrique Coimbra Araújo pela sua orientação, paciência, ensinamentos, experiências, amizade, e principalmente, por acreditar em no meu trabalho de pesquisa.

À Prof^a. Dra. Sigrid de Mendonça Andersen, por me acolher na linha de pesquisa, a qual coordena, em um momento de indefinições e pelos valiosos ensinamentos sobre geopolítica energética.

Ao Prof. Dr. Eduardo Felga Gobbi, pelos ensinamentos e pela consciência transformadora em procurar sempre o caminho do consenso.

À Prof^a. Dra. Fabiana de Nadai Andreoli, pela disponibilidade em participar nas bancas de qualificação e defesa e pelas excelentes contribuições na melhoria deste trabalho.

À Prof^a. Dra. Naína Pierri Estades, pelas críticas construtivas que me deram ainda mais motivação para continuar meu trabalho.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR, pelos valiosos ensinamentos a mim ofertados.

Às empresas TECSUL SOLAR na pessoa do Sr. Eduardo Augusto Knechtel e GENA ENERGIA SOLAR na pessoa do Sr. Alexandre André Rossi, pela confiança e amizade, que gentilmente cederam suas bases de clientes para que as entrevistas fossem possíveis.

Agradeço a UFPR pela oportunidade de fazer este excelente curso de pós-graduação que me possibilitou realizar mais este sonho e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração desta dissertação.

“É dito que conhecimento é luz e força. Onde há luz é possível discernir entre certo ou errado, escuro ou luminoso, inútil ou poderoso. Aqueles que entendem o que está errado, não se deixam influenciar por ações e pensamentos negativos. Aqueles que possuem conhecimento são sensíveis em relação aos atos e sentimentos dos outros. Pessoas assim têm o poder de transformar o errado em certo”.

Albert Einstein

RESUMO

Neste trabalho se propõe avaliar a contribuição da energia solar na matriz energética paranaense, analisando que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exercem no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, verificando, também, a percepção ambiental dos moradores dessas instalações. Buscou-se elaborar um panorama do balanço energético brasileiro e paranaense, no sentido de identificar as principais fontes de energia utilizadas e descrever a matriz de geração elétrica, assim como traçar um perfil do consumo de energia elétrica nos diversos setores da economia. Também, apresentar a evolução e o cenário atual da utilização das tecnologias de aquecimento solar e da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil e no Paraná, levantando as políticas e programas de incentivo à utilização da energia solar para aquecimento e à microgeração de energia solar fotovoltaica, dos governos federal e estadual. Analisar os custos de implantação desses projetos, bem como os programas de fomento existentes. A pesquisa de campo, por meio de dois estudos de caso, buscou avaliar que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exercem no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores dessas instalações. No caso do aquecimento solar, a economia financeira se apresentou como a maior vantagem vista por parte dos moradores. A pesquisa confirmou, também, um crescimento muito grande em habitações de interesse social, uma vez que os programas sociais de habitação têm-se valido dessa tecnologia. Revelou ainda, que existe um grande *déficit*, espaço e oportunidade para se trabalhar a educação ambiental neste tipo de população. Para o estudo de caso de microgeração fotovoltaica, a pesquisa de campo confirmou o crescimento dessa tecnologia, o benefício em termos de redução de gastos com energia para os usuários e o alívio do sistema elétrico nacional. Para os respondentes, a educação geral e especificamente a educação ambiental é fator primordial em a busca da sustentabilidade.

Palavras chave: Meio Ambiente, Desenvolvimento, Sustentabilidade, Energias Renováveis, Aquecimento Solar, Fotovoltaico.

ABSTRACT

In this work it is proposed to evaluate the contribution of solar energy in the energy matrix of Paraná, analyzing that influences the installation of solar heating systems and photovoltaic solar energy microgeneration exert on the electric energy consumption of residences that use these technologies, also verifying the environmental perception of the residents of these facilities. It sought to elaborate an overview of the Brazilian and Paraná energy balance, in order to identify the main sources of energy used and to describe the electric generation matrix, as well as to draw a profile of the consumption of electric energy in the various sectors of the economy. Also, to present the evolution and the current scenario of the use of solar heating technologies and the generation of photovoltaic solar energy in Brazil and Paraná, raising the policies and programs to encourage the use of solar energy for heating and microgeneration of photovoltaic solar energy, federal and state governments. Analyze the implementation costs of these projects, as well as the existing support programs. The field research, through two case studies, sought to evaluate which influences the installation of solar heating systems and microgeneration of photovoltaic solar energy exert in the electric energy consumption of residences that use these technologies, as well as to verify the environmental perception of the residents of these facilities. In the case of solar heating, the financial economy presented itself as the greatest advantage seen by the residents. The research also confirmed a very large growth in housing of social interest, since the social programs of housing have used this technology. He also revealed that there is a great deficit, space and opportunity to work on environmental education in this type of population. For the case study of photovoltaic microgeneration, the field research confirmed the growth of this technology, the benefit in terms of reducing energy costs for users and the relief of the national electricity system. For respondents, general education and specifically environmental education is a key factor in the quest for sustainability.

Keywords: Environment, Development, Sustainability, Renewable Energies, Solar Heating, Photovoltaic.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 - DIAGRAMA DO BALANÇO ENERGÉTICO MÉDIO GLOBAL DA TERRA | 40 |
| FIGURA 2 - FORMAS DE APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR | 41 |
| FIGURA 3 - TOTAL ANUAL DE IRRADIAÇÃO SOLAR DIRETA NO BRASIL..... | 43 |
| FIGURA 4 - POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL..... | 44 |
| FIGURA 5 - EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO PR – | 59 |
| FIGURA 6 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA - NACIONAL..... | 61 |
| FIGURA 7 - CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA - NACIONAL | 63 |
| FIGURA 8 - MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA..... | 64 |
| FIGURA 9 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA - PARANÁ | 68 |
| FIGURA 10 - CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SETOR – PARANÁ | 69 |
| FIGURA 11 - EVOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO AQUECIMENTO SOLAR NO BRASIL | 71 |
| FIGURA 12 - MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA INCLUINDO ENERGIA SOLAR TÉRMICA..... | 74 |
| FIGURA 13 - VENDAS DE AQUECEDORES SOLARES POR REGIÃO EM 2015 | 75 |
| FIGURA 14 - IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL | 76 |
| FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - ALEMANHA | 89 |
| FIGURA 16 - VISTA AÉREA DO CONJUNTO MORADIAS NILO | 91 |
| FIGURA 17 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 1 | 92 |
| FIGURA 18 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 2 | 93 |
| FIGURA 19 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 3 | 93 |
| FIGURA 20 - OCUPAÇÃO DO CHEFE DA FAMÍLIA – MORADIAS NILO..... | 98 |
| FIGURA 21 - FREQUÊNCIA ESTATÍSTICA DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO POR RESIDÊNCIA – NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES..... | 99 |
| FIGURA 22 - GASTO COM ENERGIA ANTES E DEPOIS DO AQUECIMENTO SOLAR – NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES | 100 |
| FIGURA 23 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE QUAL A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE - AS | 102 |
| FIGURA 24 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE – AQUECIMENTO SOLAR | 103 |
| FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS PARA O QUE GOSTARIA DE ACRESCENTAR SOBRE O AQUECIMENTO SOLAR..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 26 - MAPA DE CURITIBA / PR | 105 |
| FIGURA 27 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 1 | 106 |
| FIGURA 28 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 2 | 106 |
| FIGURA 29 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 3 | 107 |
| FIGURA 30 - OCUPAÇÃO DO CHEFE DA FAMÍLIA – MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA | 111 |
| FIGURA 31 - FREQUÊNCIA ESTATÍSTICA DO TEMPO DE INSTALAÇÃO POR RESIDÊNCIA | 112 |
| FIGURA 32 - GASTO FINANCEIRO COM ENERGIA ELÉTRICA ANTES E DEPOIS DO MICROGERADOR FOTOVOLTAICO - NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES..... | 113 |
| FIGURA 33 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ANTES E DEPOIS DO MICROGERADOR FOTOVOLTAICO - NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES | 114 |
| FIGURA 34 - INVESTIMENTO INICIAL EM CADA RESIDÊNCIA PESQUISADA – MICROGERADOR FOTOVOLTAICO | 115 |
| FIGURA 35 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE QUAL A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE - FV | 117 |
| FIGURA 36 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE – MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA | 118 |
| FIGURA 37 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS PARA O QUE GOSTARIA DE ACRESCENTAR SOBRE O MICROGERADOR SOLAR..... | 119 |
| FIGURA 38 – COMPARATIVO ENTRE OCUPAÇÕES DO CHEFE DE FAMÍLIA | 120 |
| FIGURA 39 – COMPARATIVO ENTRE RESPOSTAS SOBRE A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE | 121 |
| FIGURA 40 – COMPARATIVO ENTRE RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE | 122 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 - RESERVAS BRASILEIRAS DE PETRÓLEO | 30 |
| TABELA 2 - RESERVAS BRASILEIRAS DE GÁS NATURAL | 31 |
| TABELA 3 - RESERVAS BRASILEIRAS DE CARVÃO MINERAL | 33 |
| TABELA 4 - RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO E OUTROS RADIOATIVOS .. | 34 |
| TABELA 5 - POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO – POR BACIA HIDROGRÁFICA (MW) | 35 |
| TABELA 6 - USINAS EÓLICAS NO BRASIL (kW) | 39 |
| TABELA 7 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA – OEI NACIONAL – 10^3 TEP | 60 |
| TABELA 8 - CONSUMO FINAL POR SETOR – NACIONAL – 10^3 TEP | 62 |
| TABELA 9 - CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL – NACIONAL – 10^3 TEP | 63 |
| TABELA 10 - GERAÇÃO ELÉTRICA ¹ (GWH) - NACIONAL | 65 |
| TABELA 11 - BALANÇO ENERGÉTICO SIMPLIFICADO DO PARANÁ – 10^3 TEP ... | 67 |
| TABELA 12 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ – GWH..... | 70 |
| TABELA 13 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ – GWH..... | 70 |
| TABELA 14 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE COLETORES SOLARES NO BRASIL | 72 |
| TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE CRESCIMENTO DE RESERVATÓRIOS HIS E OUTROS..... | 73 |
| TABELA 16 - SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS INSTALADOS NO BRASIL..... | 77 |
| TABELA 17 - CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA PARA AQUECIMENTO SOLAR..... | 96 |
| TABELA 18 - CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA PARA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA | 109 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CEF – Caixa Econômica Federal

CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

COHAB – Companhia de Habitação Popular de Curitiba

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

DASOL – Departamento Nacional de Energia Solar Térmica

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

HIS – Habitação de Interesse Social

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IEA – Agência Internacional de Energia

INMETRO – Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

LPT – Programa Luz para Todos

MIGDI – Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério das Minas e Energia

OEI – Oferta Interna de Energia

OLADE – Organización Latinoamericana para El Desarrollo

ONS – Operador Nacional do Sistema

PADIS – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PIB – Produto Interno Bruto

PIS/PASEP – Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PME – Programa de Mobilização Energética

PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PPGMADE – Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura

SFCR – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica

SIGFI – Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente

SIN – Sistema Interligado Nacional

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

SUDECO – Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TUSD – Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição

TUST – Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão

TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | DELIMITAÇÃO DO TEMA..... | 17 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.3 | PROBLEMATIZAÇÃO | 18 |
| 1.4 | HIPÓTESES..... | 19 |
| 1.5 | OBJETIVO GERAL | 19 |
| 1.6 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 1.7 | ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 20 |
| | | |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1 | ENERGIA E SOCIEDADES | 22 |
| 2.2 | A CRISE AMBIENTAL..... | 23 |
| 2.3 | JUSTIÇA AMBIENTAL | 25 |
| 2.4 | ENERGIA, DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE..... | 27 |
| 2.5 | FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO | 29 |
| 2.5.1 | PETRÓLEO | 30 |
| 2.5.2 | GÁS NATURAL..... | 31 |
| 2.5.3 | CARVÃO MINERAL | 32 |
| 2.5.4 | ENERGIA NUCLEAR..... | 33 |
| 2.5.5 | ENERGIA HIDRÁULICA | 34 |
| 2.5.6 | BIOMASSA | 35 |
| 2.5.6.1 | BIOGÁS | 36 |
| 2.5.7 | ENERGIA EÓLICA..... | 37 |
| 2.6 | A ENERGIA SOLAR..... | 39 |
| 2.6.1 | POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL | 42 |
| 2.6.2 | APROVEITAMENTO ENERGÉTICO EM AQUECIMENTO SOLAR..... | 44 |
| 2.6.3 | APROVEITAMENTO ENERGÉTICO FOTOVOLTAICO | 46 |
| 2.7 | GERAÇÃO DISTRIBUÍDA..... | 47 |
| 2.8 | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA..... | 48 |
| 2.9 | EDUCAÇÃO AMBIENTAL..... | 50 |
| | | |
| 3 | METODOLOGIA..... | 54 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 | PESQUISA | 57 |
| 4.1 | A EVOLUÇÃO DA PESQUISA SOBRE ENERGIA SOLAR NO PPGMADE..... | 57 |
| 4.2 | BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL | 59 |
| 4.3 | MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ..... | 66 |
| 4.4 | GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ..... | 69 |
| 4.5 | AQUECIMENTO SOLAR NO BRASIL E REGIÃO SUL | 70 |
| 4.6 | GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PARANÁ..... | 75 |
| 4.7 | INCENTIVOS À ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO PARANÁ | 78 |
| 4.7.1 | O MODELO ALEMÃO PARA AS ENERGIAS RENOVÁVEIS.. | 85 |
| 4.8 | CUSTOS PARA AQUISIÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR.. | 86 |
| 4.8.1 | SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR | 86 |
| 4.8.2 | SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA | 88 |
| 4.9 | ESTUDO DE CASO PARA AQUECIMENTO SOLAR..... | 91 |
| 4.9.1 | TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS | 95 |
| 4.9.2 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 96 |
| 4.10 | ESTUDO DE CASO PARA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOLTOVOLTAICA | 104 |
| 4.10.1 | TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS | 108 |
| 4.10.2 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 109 |
| 4.11 | ASPECTOS COMPARATIVOS ENTRE OS ESTUDOS DE CASO ... | 120 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 123 |
| 5.1 | RESUMO DA PESQUISA DE FONTES SECUNDÁRIAS | 124 |
| 5.2 | RESUMO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO | 127 |
| 5.3 | RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS | 129 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 130 |
| | ANEXO 1..... | 134 |
| | ANEXO 2..... | 136 |

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a diversidade e a transformação do ambiente avançaram consideravelmente nas últimas décadas, principalmente no que se refere à questão da crise ambiental, tanto como um desequilíbrio entre as espécies e sua adaptação, quanto um fator de cunho antropogênico. Dessa forma tornou-se rotina atribuir ao ser humano a responsabilidade pela degradação do meio ambiente. Por outro lado, do ponto de vista econômico, observa-se que as sociedades mais desenvolvidas influenciam de maneira mais contundente a transformação do meio (FOLADORI, 1999).

Neste sentido, coloca-se a questão das energias renováveis como importantes para a sustentabilidade. Percebe-se que a apropriação dos recursos energéticos não renováveis é altamente danosa ao meio ambiente, aumentando os impactos sobre o equilíbrio ecológico, trazendo sérios riscos para a saúde do planeta (BRANCO, 2002). Também, há percepções de que a economia de mercado, por si só, não é capaz de atender às populações menos favorecidas, no que diz respeito à oferta de energia, sem que haja um modelo de desenvolvimento local que atenda essas carências. Assim, o acesso a fontes renováveis de energia, com custos razoáveis e compatíveis com a renda média da população brasileira, pode contribuir como fator decisivo para o desenvolvimento humano local e a justiça ambiental.

O Brasil possui grande potencial para a utilização das energias renováveis, em especial a energia solar, em suas diversas formas de aproveitamento. A irradiação solar média incidente sobre o território brasileiro apresenta valores maiores que muitos países europeus, onde a utilização da energia solar já é bastante difundida.

Diante disso, pressupõe-se que é de extrema importância pesquisar a energia solar dentro da matriz energética paranaense, analisar que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exerce no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores dessas residências.

Sabe-se que no Brasil o equipamento mais utilizado para aquecimento de água nas residências é o chuveiro elétrico. Equipamento de baixo custo inicial, mas

de grande consumo de energia elétrica ao longo de sua vida útil, que gera importantes demandas de investimento para o governo no setor elétrico, além de altos custos ambientais e sociais. A possibilidade de instalação de aquecedores solares e consequente redução no consumo de energia elétrica e economia financeira para as famílias aderentes já é uma condição de fácil acessibilidade.

No Paraná, também, conforme as regras estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 482/2012, já é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da concessionária local (Copel) para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 36 meses. Estes poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes, ou de outra unidade do mesmo titular. A regra é válida para centrais geradoras que utilizem fontes incentivadas de energia (hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada) e que sejam conectadas na rede de distribuição por meio de unidades consumidoras.

Aspira-se ainda, discutir os possíveis impactos resultantes da implantação de projetos de utilização da energia solar no estado do Paraná e sugerir práticas de desenvolvimento local utilizando energias renováveis, em especial a solar, caso sejam viáveis.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

“A energia solar e sua contribuição na matriz energética do Paraná: Aspectos socioambientais e de sustentabilidade local” constituem o tema deste estudo.

1.2 JUSTIFICATIVA

A evolução humana e o desenvolvimento da sociedade sempre estiveram interligados à capacidade de captar e transformar a energia. Durante séculos, a energia produzida pela combustão de materiais *in natura* ou fossilizados foi sendo utilizada para os mais variados fins: na alimentação, proteção e aquecimento, início da industrialização com a produção de materiais, entre outros. Até o início desse século, o padrão de utilização dos recursos energéticos se apresentaram altamente prejudiciais para o bem-estar da natureza. A integridade dos sistemas naturais está

posta em risco pela utilização indiscriminada dos combustíveis fósseis e pelo descarte dos resíduos resultantes do seu uso.

Do ponto de vista econômico, sabe-se que a geração de energia elétrica com base na matriz energética convencional sofre variações de custo de produção por questões da diminuição desses recursos e restrições ambientais. Assim, as energias renováveis desempenham um papel fundamental na promoção do desenvolvimento com sustentabilidade, pois emitem baixo volume de poluentes, são produzidas a partir de fontes inesgotáveis e permitem atender as necessidades do mundo contemporâneo.

Isto leva a uma reflexão de responsabilidades, para um futuro próximo, no sentido da busca de substituição das energias convencionais por energias renováveis. O que já vem acontecendo em pesquisas nacionais e internacionais. O aprofundamento deste estudo pretende contribuir para a aplicação da energia solar no estado do Paraná, em especial na zona urbana de Curitiba.

Vale lembrar que a sustentabilidade é um termo de caráter interdisciplinar, que remete ao bom uso da natureza e é utilizado em conjunto com o termo desenvolvimento, em seu sentido amplo. Justifica-se, portanto, um diagnóstico cujas indicações possam confirmar os objetivos do estudo.

1.3 PROBLEMATIZAÇÃO

Na atual conjuntura nacional e global, a forma de apropriação dos recursos energéticos não renováveis é altamente danosa ao meio ambiente e em última análise é consequência do modelo econômico atual. O aumento da oferta de energia, importando os modelos de crescimento dos países centrais causaria, indubitavelmente, consequências desastrosas ao meio ambiente e à sociedade, em específico, no estado do Paraná. A economia de mercado, por si só, não é capaz de atender às populações menos favorecidas, no que diz respeito à geração e oferta de energia, sem que haja um modelo de desenvolvimento local que atenda essas carências.

Reduzir o consumo de energia elétrica das residências atendidas pela via convencional é uma maneira de ajudar no desenvolvimento do país, pois devido à energia poupada é possível adiar os gastos com a construção de novas usinas

geradoras e linhas de transmissão de energia. Além disso, a economia financeira para essa população pode ser revertida para melhoria das suas condições de vida.

Diante destes pressupostos, a questão que motivou o desenvolvimento do presente trabalho é: Quais as relações entre a utilização da energia solar enquanto um vetor de desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental no Paraná?

1.4 HIPÓTESES

- A energia solar começa a emergir na matriz energética brasileira e paranaense e seu uso oferece redução no padrão convencional de consumo de energia.
- A utilização das tecnologias de aproveitamento da energia solar pode despertar a percepção ambiental na população usuária.
- A falta de programas de incentivo à energia solar no Paraná pode inviabilizar sua utilização nas populações de baixo poder aquisitivo.

1.5 OBJETIVO GERAL

Avaliar a contribuição da energia solar na matriz energética paranaense, analisando que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar ou de microgeração de energia solar fotovoltaica exercem no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias e verificando a percepção ambiental dos moradores dessas instalações.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Elaborar um panorama do balanço energético brasileiro e paranaense, no sentido de identificar as principais fontes de energia utilizadas no Brasil e no Paraná;
- b) Descrever a matriz de geração elétrica no Brasil e do Paraná, assim como traçar um perfil do consumo de energia elétrica nos diversos setores da economia brasileira e paranaense.
- c) Apresentar a evolução e o cenário atual da utilização das tecnologias de aquecimento solar e da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil e no Paraná.

- d) Verificar a influência no consumo de energia da população usuária dessas tecnologias.
- e) Investigar a percepção ambiental despertada na população pela utilização desses sistemas.
- f) Levantar as políticas e programas de incentivo à utilização da energia solar para aquecimento e à microgeração de energia solar fotovoltaica, dos governos federal e estadual.
- g) Analisar os custos de implantação desses projetos, bem como os programas de fomento existentes.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de dissertação encontra-se dividido em cinco partes:

O Capítulo 1, ou Introdução, faz uma contextualização inicial do estudo, a motivação para o desenvolvimento da pesquisa, a justificativa para seu desenvolvimento e a problematização. Também, apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos que são os orientadores deste trabalho.

O Capítulo 2 descreve o Marco teórico, ou seja, a revisão da literatura, onde são apresentados temas como: energia e sociedades, crise ambiental, justiça ambiental, energia e desenvolvimento, formas de aproveitamento energético, energia solar, aproveitamento energético em aquecimento solar, aproveitamento energético fotovoltaico, geração distribuída, eficiência energética e educação ambiental.

O Capítulo 3, ou Metodologia, concentra-se no desenvolvimento dos procedimentos metodológicos propostos no trabalho, utilizando conceitos de pesquisa quantitativa e qualitativa, de pesquisa exploratória e analítica, de estudos de caso, de técnicas de entrevistas e de análise de conteúdo. Descrevendo, assim, os critérios e parâmetros verificados para a avaliação.

O Capítulo 4, ou Pesquisa, apresenta um panorama do balanço energético nacional e paranaense, a matriz elétrica do Brasil e do Paraná, onde se situam o aquecimento solar e a geração solar fotovoltaica neste panorama, os incentivos à energia solar no Brasil e no Paraná e custos para aquisição de sistemas de energia solar. Além disso, são apresentados os dois estudos de caso realizados nesta pesquisa, sua descrição e a apresentação dos seus resultados.

O Capítulo 5 apresenta as Considerações finais, da pesquisa, de acordo com os dados obtidos durante o desenvolvimento deste estudo, e sugestões para trabalhos futuros.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ENERGIA E SOCIEDADES

Vários pensadores, a partir do século XIX, iniciaram estudos relacionando a sociedade e o uso da energia. Fred Cottrell, em sua obra, trata principalmente das mudanças culturais baseadas na energia que ocorreram na Europa e na América do Norte analisando as culturas camponesas subdesenvolvidas. A tese do livro é: "a energia disponível ao homem limita o que pode fazer e influencia o que fará" (COTTRELL, 1955). Esta obra se foca em fatores como o desenvolvimento cultural a partir da dependência de fontes de energia de baixo rendimento, como plantas e animais, à dependência de fontes de alto rendimento, como os combustíveis fósseis. As consequências econômicas, sociais e políticas das mudanças tecnológicas dos últimos séculos são analisadas em detalhes, bem como a organização da produção, sobre a distribuição e sobre a utilização de energia eólica, hídrica, elétrica e de combustíveis fósseis. Assim, segundo o autor, existe não um determinismo, mas uma relação entre o desenvolvimento da sociedade e o aumento do uso da energia.

Em seu livro "A energia e a evolução da cultura" Leslie White é conhecido por sua visão evolutiva da cultura e a explicação deste fenômeno a partir da energia, tendo esta um papel chave. Inicialmente descreve que o ser humano necessita de energia, razão pela qual vai explorar a primeira coisa que está ao seu alcance. Sendo recursos de baixa energia, as primeiras sociedades não tiveram alterações significativas em sua organização. Quando começa a ocorrer a exploração de energia há uma mudança cultural evolutiva. Há um crescimento do consumo de energia per capita, e assim vem a revolução agrícola. A segunda grande fase de desenvolvimento cultural foi a descoberta da "nova energia", carvão, gás natural e petróleo. Então, conseqüentemente, houve um efeito similar ao anterior, houve mais energia para o desenvolvimento cultural com incremento da engenharia, arte, etc. (WHITE, 1959).

Um aspecto que deve ser ressaltado é que o desenvolvimento das sociedades e o atendimento as suas necessidades só foram possíveis com a utilização de energia. Esse uso cada vez mais crescente e dependente dos recursos energéticos transformou esses em trunfos de poder, considerando a disposição em qualidade e quantidade nos diversos territórios. Assim, a energia é uma das

principais questões de qualquer país para proporcionar qualidade de vida à sua população. Os Estados estão sempre preocupados em instalar medidas que possam afastar da sociedade o risco da falta de energia ou para diminuir a sua instabilidade. Com a Revolução industrial, os recursos energéticos tornaram-se centrais nas atividades produtivas.

A disputa internacional por carvão, petróleo e gás natural ao longo dos séculos XX e XXI, tem sido uma constante na prática das relações internacionais. A utilização dos recursos energéticos é um fator fundamental na compreensão das relações geopolíticas entre regiões e países. Isso implica compreender, sobretudo, como os Estados e as empresas disputam o controle sobre os recursos energéticos estratégicos que concorrem fundamentalmente para o desenvolvimento de suas atividades econômicas. O controle das reservas dos principais combustíveis fósseis já resultou em conflitos internacionais e este processo pode ainda se repetir no futuro.

A energia, portanto, tem uma característica relevante nas sociedades em função da sua altíssima relação com a economia, além da tecnologia e do meio ambiente. Assim, se um determinado país não permanecer sob uma condição de segurança energética, por conseguinte, seu risco de sobrevivência será alto. Nesse sentido, o estabelecimento de estratégias para o atendimento da demanda de energia de uma sociedade é sempre fundamental para a estabilidade desses países e sociedades.

2.2 A CRISE AMBIENTAL

O debate referente à crise ambiental tomou corpo nos últimos anos em função da insustentabilidade dos elevados padrões de consumo que impactam de forma destruidora os recursos naturais e a biodiversidade. Esse padrão de consumo está inserido em um modelo de desenvolvimento, a partir de 1960, incapaz de contemplar a diversidade da sociedade, além de estar baseado na exclusão social e concentração de riqueza.

O processo de modernização da sociedade, principalmente depois da Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra e em seguida disseminada pelo mundo, desenvolveu novas maneiras de organização ideológica, política, social e econômica

do processo produtivo, levando à apropriação dos recursos naturais que começou a ocorrer com muito maior velocidade.

A crise do final do século XX e do começo do século XXI caracterizada pelos componentes econômico, social e político, também fez emergir pela primeira vez, a questão ambiental em escala local e global. Os impactos ambientais crescentes gerados, resultantes da apropriação e utilização dos recursos naturais em descompasso com a reprodução da natureza, permite-nos pensar, a partir do exposto por James O'Connor (2002), que o modelo de produção e consumo utilizado tem influência significativa nessa narrativa.

Muito tem se falado da crise ambiental nos últimos anos e é preciso entendê-la. Para o início dessa discussão Foladori nos ilumina que o ambiente é a interrelação entre as espécies vivas e o meio abiótico; e que existe um equilíbrio entre o que se extrai do meio e o que se gera de dejetos. É o conceito de capacidade de carga, que vem da própria ecologia (FOLADORI, 1999), que acrescenta:

[...] qualquer ecossistema tem uma certa capacidade de carga de uma espécie. Isto é, ele pode manter e reproduzir um certo número de indivíduos. Quando a população cresce demais, rompendo o equilíbrio dinâmico do sistema, se produz uma crise ambiental. (FOLADORI, 1999, p. 31).

De uma maneira global, enormes modificações no funcionamento estrutural dos ecossistemas terrestres representam uma forte ameaça à vida na Terra. O consumo e exploração dos recursos naturais e humanos (por meio do trabalho) cresceu de maneira insuportável, e agora cada vez mais se conclui que o planeta corre um risco considerável, resultado da degradação, de não dar suporte à vida, no médio e longo prazo. O paradigma capitalista estabelecido como um padrão mundial de consumo e exploração da natureza de forma predatória tem causado alterações importantes no ambiente: escassez de água, poluição do ar e dos rios, redução das florestas, degradação dos solos, mudanças climáticas, entre outros.

Um dos diagnósticos é que o ser humano tem consciência que está degradando o planeta. E quando se depara com esse problema faz uma avaliação global da crise ambiental com os seguintes olhares: crescimento populacional, a visão dos recursos e a questão dos resíduos. Nessa mesma avaliação, a crise

ambiental aparece como resultante de uma organização econômica e social, emergindo no princípio como um conflito no interior da sociedade.

Existe ainda uma lógica de desenvolvimento que potencializa os danos: o entendimento de que o crescimento do PIB - Produto Interno Bruto é a medida única e exata de evolução da sociedade; a falha ao não entender que os efeitos mais drásticos estão sobre as populações pobres e sobre os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento; a falta de pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar para o entendimento de possíveis soluções para o problema.

Ao supor o fornecimento ilimitado das condições de produção (trabalho e recursos naturais), esse modelo de desenvolvimento coloca em risco sua própria sobrevivência, o que emerge como uma contradição, na medida em que ocasionam uma elevação dos custos de produção. Por outro lado, essa conta acaba sendo paga pela exploração ainda maior da natureza e das condições de trabalho (mais valia). Ou ainda, transfere esses problemas gerados para os grupos sociais e países menos favorecidos. Dessa forma, a denominada crise ambiental afeta de forma desigual os diferentes grupos sociais e expõe os problemas do modo de produção e consumo atuais (FOLADORI, 1999). Mesmo com o decrescimento da pobreza nos últimos anos, melhorias na saúde, educação, percebe-se que esses benefícios chegam de forma desigual às diferentes camadas da sociedade. Este modo de produção vem, ainda, acompanhado dos aumentos das desigualdades, principalmente nos países periféricos, o que estimula a recessão e o desemprego.

Para Leff, a crise ambiental é a crise do nosso tempo. Apresenta-nos os limites do crescimento econômico e populacional, dos desequilíbrios ecológicos e das capacidades de sustentação da vida, da pobreza e da desigualdade social (LEFF, 2003). Como se percebe, a crise ambiental é, portanto, uma crise do todo, pois tudo possui correlação.

2.3 JUSTIÇA AMBIENTAL

O surgimento dos movimentos ambientais remonta aos anos de 1960, no período Pós-guerra, já resultantes da industrialização desenfreada onde a problemática ambiental começa a ser evidenciada pela sociedade global. Emergem, então, os primeiros documentos e conferências tratando da necessidade de preservação e conservação, ainda sob a ótica econômica e tecnológica do

desenvolvimento sustentável. Embora com o discurso da saúde e bem estar das gerações futuras, o que se pretendia era atender ao mercado com o “politicamente e ecologicamente correto”. Empresas e governos continuaram a desenvolver sua produção de maneira igualmente insustentável, porém com um selo de “ecológico”.

No que tange essas grandes conferências ambientais, surgidas na época e que ocorrem até os dias atuais, identifica-se claramente intenções verdadeiramente preservacionistas e conservacionistas. Entretanto, essas intenções estão mescladas com os interesses das grandes companhias, e muitas vezes, patrocinadas pela economia de mercado. Essa ideia chamada de “ambientalismo” percebe-se não se tratar de uma forma tradicional de movimento social, mas sim, a composição de diferentes atuações em diferentes projetos e regiões, com interesses comuns e com uma bandeira ecológica.

Em contraposição a isso, surge então, a partir de meados de 1980, um movimento socioambiental de interesse interdisciplinar, à parte dos interesses econômicos e com fins na luta pela sociedade e pelo meio ambiente (ACSELRAD, 2010). Em relação ao Brasil, Acselrad especifica que:

A noção de “movimento ambientalista” tem sido evocada, no Brasil, para designar um espaço social de circulação de discursos e práticas associados à “proteção ambiental”. (ACSELRAD, 2010, p. 103).

Assim, esse socioambientalismo passou a ser resposta e oposição ao preservacionismo tradicional, que estava distante das lutas na manutenção da biodiversidade com apoio da sociedade e por justiça social.

Diante dessa crise da civilização e contra as injustiças que são decorrentes dela, alguns grupos minoritários de trabalhadores, ambientalistas e comunidades tradicionais iniciaram uma organização para lutar contra essas injustiças e, ainda, para encontrar alternativas socialmente igualitárias e sustentavelmente corretas (ACSELRAD, 2010). Surge então, para dar suporte e força a esses movimentos que se expandiam, o conceito de Justiça Ambiental. Como Acselrad conceitua:

Justiça ambiental é, portanto, uma noção emergente que integra o processo histórico de construção subjetiva da cultura dos direitos. Na experiência recente, essa noção de justiça surgiu da criatividade estratégica dos movimentos sociais que alteraram a configuração de forças sociais envolvidas nas lutas ambientais e, em determinadas circunstâncias, produziram mudanças no aparelho estatal e regulatório responsável pela proteção ambiental. (ACSELRAD, 2010, p. 111).

Ou seja, um movimento que busca a proteção social, civil e ambiental, em todas as suas dimensões e em um mesmo local.

No intuito de promover a justiça ambiental, esse movimento mais integrado busca atender as comunidades e grupos menos favorecidos e que estão sujeitos aos maiores riscos e degradações ambientais e que potencializa ainda mais a desigualdade social. O movimento se contrapõe, ainda, com a “modernização ecológica” que tenta ajustar o crescimento econômico apesar dos problemas ambientais decorrentes, deixando de lado aspectos sociais da questão ambiental. Atividades essas que atingem regiões menos desenvolvidas e pobres, e que aplicam riscos e impactos ambientais de maneira desigual caracterizando a injustiça ambiental e social.

Sem deixar de lembrar a questão da complexidade ambiental descrita por Enrique Leff, que desenvolve uma nova maneira de pensar e estudar a crise ambiental. Nesse olhar a crise ambiental é, acima de tudo, um problema de conhecimento, ou, nas suas palavras, uma “crise da civilização” (LEFF, 2003, p. 16).

Dessa forma, a justiça que pode autodenominar-se de socioambiental, apresenta-se na formatação atual do contexto social, político, econômico como um modelo mais próximo do ideal para a proteção do meio ambiente e da sociedade.

2.4 ENERGIA, DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE

O fato de uma sociedade estar subdesenvolvida não significa que esteja condenada ao fracasso. O desenvolvimento depende essencialmente das potencialidades que essa sociedade tem e de que forma ela direciona seus esforços (FURTADO, 2002). Celso Furtado diz que somente uma sociedade democrática e pluralista, que saiba manter sua identidade cultural é que estará apta ao desenvolvimento:

o ponto de partida do processo de reconstrução que temos de enfrentar deverá ser uma participação maior do povo no processo de decisão. (FURTADO, 2002, p. 36).

A necessidade das energias renováveis veio à tona como resultado de uma série de fatores e tendências. As últimas décadas mostraram claramente que a queima intensiva de combustíveis fósseis conduz a altas emissões de CO₂, a

degradação ambiental e a mudanças climáticas. Além disso, a entrada no cenário econômico mundial de um bilhão de pessoas, sobretudo na Ásia, afetou estruturalmente a demanda de energia, como resultado a escassez de energia convencional pode se tornar uma realidade nas próximas décadas. Assim, cada cenário nacional define uma mudança fundamental na forma como o sistema de energia é organizado, dentro de seu país, em comparação com a situação dos combustíveis fósseis.

O Brasil tem uma matriz energética considerada bastante renovável, quando comparada a de outros países. A principal fonte para geração de energia elétrica no Brasil é a utilização hidráulica. Apesar de ser uma fonte renovável, as usinas hidroelétricas produzem um impacto ambiental cada vez mais questionável, devido ao alagamento de grandes áreas cultiváveis. Produzem, ainda, alto impacto social devido ao alagamento de vilas, áreas indígenas e pequenas cidades. Por fim, apesar do potencial hidrelétrico do Brasil ainda ser grande, a aposta nesse modelo pode ser temerária devido aos fatores já citados. Assim, a capacidade brasileira para geração hidroelétrica tende a não ser utilizada nas próximas décadas para suprir uma demanda crescente de energia elétrica, ou será feita a um custo social muito alto (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004).

Pode então o Brasil, assumir um protagonismo no que se refere à sustentabilidade? E, devido suas condições geográficas pode tornar autossuficiente neste tipo energia? Além das condições naturais favorecerem, as condições sociais imploram por isso. A geração descentralizada (ou individualizada) de energia e a adoção de práticas e técnicas eficientes, que melhorem as condições de vida, ao mesmo tempo distribuam melhor a renda devem ser uma busca incessante, no sentido de eliminação dos conflitos socioambientais. Embora no Brasil, aproximadamente 25% das famílias possuam renda inferior a dois salários mínimos, o consumo residencial de energia elétrica foi impulsionado, na última década, pelo aumento da renda e pela ampliação na universalização do acesso a esse serviço. O consumo residencial de eletricidade está intimamente ligado à posse e uso de eletrodomésticos, condições climáticas, renda e oferecimento de linhas de crédito ao consumidor.

A forma de produção e consumo até então utilizada impôs, durante muitos anos, inúmeros limites à geração de energias renováveis, pelo fato de não ser interessante fomentar o desenvolvimento dessas tecnologias. No entanto,

atualmente esta visão está se modificando, uma vez que a questão energética é estratégica não só para as empresas e para os governos, mas também, para as sociedades. A cobrança pela sociedade civil organizada, neste aspecto, tem sido fundamental.

Para tanto, o modelo atual brasileiro com grandes concessionárias geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia elétrica precisa ser repensado. Evidentemente, essas empresas oferecem e oferecerão resistência ao desenvolvimento das energias renováveis, pois aí está o grande risco de perda de receitas em longo prazo. É um enfrentamento que a sociedade precisa vivenciar.

Assim, os projetos de desenvolvimento local com utilização de energias renováveis podem ser uma solução paralela para os problemas de infraestrutura energética e melhoria no acesso a este recurso; podem, ainda, trazer a melhoria da distribuição de renda, uma vez que diminuirão a dependência de energia fornecida pelas concessionárias; e podem ser um programa estratégico, se planejado a médio e longo prazo como benefício à população.

2.5 FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

A energia, nas suas mais diversas formas, se tornou praticamente indispensável na sociedade atual. Percebe-se que a escassez ou a dificuldade de aproveitamento de um determinado recurso tendem a ser compensadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias. A utilização de energia no mundo está resumida, em sua grande maioria, pelas fontes de energias tradicionais como petróleo, carvão mineral e gás natural. Também, pela utilização das fontes renováveis como biomassa, energia eólica, energia maremotriz e energia solar, que são formas menos poluentes do meio ambiente.

No Brasil, grande parte dos recursos energéticos se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e sujeitos a restrições ambientais. Assim, é de fundamental importância conhecer a disponibilidade de recursos energéticos, das tecnologias e sistemas existentes e de seu aproveitamento para atender as necessidades da sociedade brasileira. Essencialmente para promover o desenvolvimento social, preservando sua diversidade biológica e garantindo o suprimento energético do país.

2.5.1 Petróleo

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. Trata-se de uma combinação complexa de hidrocarbonetos, composta na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos, podendo conter também quantidades pequenas de nitrogênio, oxigênio, compostos de enxofre e íons metálicos, principalmente de níquel e vanádio. Essa substância é encontrada em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários.

Além de predominante no setor de transportes, o petróleo ainda é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países do mundo. Apesar da expansão da hidroeletricidade e da diversificação das fontes de geração de energia elétrica verificadas nas últimas décadas.

No Brasil, segundo Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural 2016 - ANP, as Reservas podem ser categorizadas como Provadas (1P), Provadas e Prováveis (2P) ou Provadas, Prováveis e Possíveis (3P). Os Recursos Contingentes, de forma análoga, podem ser categorizados como 1C, 2C, ou 3C. Já os Recursos Prospectivos são categorizados de acordo com a estimativa, menor, melhor ou maior.

TABELA 1 - RESERVAS BRASILEIRAS DE PETRÓLEO

| Localização | Reservas 1P | Reservas 3P | Recursos Contingentes |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Mar (MMm ³) | 1.910,97 | 3.449,92 | 708,57 |
| Terra (MMm ³) | 102,78 | 165,70 | 728,04 |
| TOTAL (MMm³) | 2.013,75 | 3.615,62 | 1.436,61 |
| TOTAL (MMbbl) | 12.666,10 | 22.741,55 | 4.579,24 |

MMbbl (milhão de barris).

FONTE: Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural – ANP (2016).

Pela Tabela 1, as reservas brasileiras de petróleo declaradas, em 2016 são de 12.666,10 MMbbl provadas e de 22.741,55 MMbbl provadas, prováveis e possíveis.

2.5.2 Gás natural

De modo similar ao petróleo, o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos. Em seu estado bruto, o gás natural é composto principalmente por metano, com proporções variadas de etano, propano, butano, hidrocarbonetos mais pesados e também CO₂, N₂, H₂S, água, ácido clorídrico, metanol e outras impurezas.

O gás natural é encontrado em formações rochosas subterrâneas ou em reservatórios de hidrocarbonetos em camadas de carvão através de jazidas de petróleo, por acumulações em rochas porosas, isoladas do exterior por rochas impermeáveis, associadas ou não a depósitos petrolíferos. Além de insumo básico da indústria gasoquímica, o gás natural tem sido muito utilizado no setor transporte e na geração de energia elétrica.

No Brasil, o gás natural é encontrado, geralmente, na extração do petróleo. Assim sendo, a maior parte das reservas localiza-se no mar, principalmente no litoral do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Segundo estudo sobre gás natural constante do Plano Nacional de Energia 2030, as perspectivas de maior oferta futura de gás natural no Brasil localizam-se no Espírito Santo, Bacia de Campos e, principalmente, na Bacia de Santos.

Segundo Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural 2016 - ANP, as Reservas podem ser categorizadas como Provadas (1P), Provadas e Prováveis (2P) ou Provadas, Prováveis e Possíveis (3P). Os Recursos Contingentes, de forma análoga, podem ser categorizados como 1C, 2C, ou 3C. Já os Recursos Prospectivos são categorizados de acordo com a estimativa, menor, melhor ou maior.

TABELA 2 - RESERVAS BRASILEIRAS DE GÁS NATURAL

| Localização | Reservas 1P | Reservas 3P | Recursos Contingentes |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|

| | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Mar (MMm ³) | 315.834,55 | 561.348,74 | 94.913,97 |
| Terra (MMm ³) | 62.428,22 | 76.869,74 | 8.352,39 |
| TOTAL (MMm³) | 378.262,77 | 638.218,48 | 103.266,35 |

FONTE: Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural – ANP (2016).

Pela Tabela 2, as reservas brasileiras de petróleo declaradas, em 2016 são de 378.262,77 MMm³ provadas e de 638.218,48 MMm³ provadas, prováveis e possíveis.

2.5.3 Carvão mineral

O carvão é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhões de anos, como ocorre com todos os combustíveis fósseis. Sua qualidade, determinada pelo conteúdo de carbono, varia de acordo com o tipo e o estágio dos componentes orgânicos. É composto basicamente por carbono, enxofre, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, além de outros elementos. O carbono, em função do seu elevado teor, é o principal elemento químico no carvão. Quanto maior o teor de carbono, mais puro se considera. Existem quatro tipos principais de carvão mineral: turfa, linhito, hulha e antracito.

Os depósitos de carvão são encontrados em bacias sedimentares e/ou depressões preenchidas por sedimentos, resultantes da movimentação das placas tectônicas. O carvão origina-se da decomposição de vegetais superiores e restos de vegetais terrestres cuja deposição sofreu, ao longo de milhões de anos, processos de compactação e transformações devidas a aumentos de pressão e temperatura, concentrando carbono e hidrogênio.

No Brasil, as principais reservas de carvão mineral estão localizadas no Sul do país, principalmente no Rio Grande do Sul, que detém mais de 90% das reservas nacionais. Os critérios de quantificação das reservas minerais são definidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). No anuário de 2010 estatísticos da DNPM são divulgados dados de reservas medidas, indicadas, inferidas e lavrável. Esta classificação é feita de acordo com o grau de conhecimento da jazida.

TABELA 3 - RESERVAS BRASILEIRAS DE CARVÃO MINERAL

| Reservas | Medida | Indicada | Inferida | Lavrável |
|-----------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Carvão Mineral (t) | 6.550.849.407 | 10.606.757.172 | 6.528.381.889 | 2.487.331.574 |

FONTE: Anuário Mineral Brasileiro - DNPM/MME (2010).

Pela Tabela 3, as reservas brasileiras de carvão mineral são em 2010 são de 6.550.849.408 toneladas medida.

2.5.4 Energia nuclear

A energia nuclear é proveniente da fissão do urânio em reator nuclear. A reação nuclear é a modificação da composição do núcleo atômico de um elemento, podendo transformar-se em outro(s) elemento(s). Esse processo ocorre espontaneamente quando não acontece metamorfose em alguns elementos. O caso mais interessante é a possibilidade de provocar a reação mediante técnicas de bombardeamento de nêutrons ou outras partículas. Apesar da complexidade de uma usina nuclear, seu princípio de funcionamento é similar ao de uma termelétrica convencional, onde o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que aciona uma turbina, acoplada a um gerador de corrente elétrica.

O urânio é um metal branco-níquel, pouco menos resistente que o aço, encontrado nas rochas da crosta terrestre. Sua principal aplicação comercial é a geração de energia elétrica, como combustível para reatores nucleares de potência. Para isso, passa por uma série de estágios e processos, dentre os quais a mineração, o beneficiamento e a produção do elemento combustível, composto por pastilhas de dióxido de urânio (UO₂).

No Brasil, as principais reservas de carvão mineral estão localizadas no Município de Itatiaia / Ceará e na Bahia, nos municípios de Lagoa Real e Caetité. Os critérios de quantificação das reservas minerais são definidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). No anuário de 2010 estatísticos da DNPM são divulgados dados de reservas medidas, indicadas, inferidas e lavrável. Esta classificação é feita de acordo com o grau de conhecimento da jazida.

TABELA 4 - RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO E OUTROS RADIOATIVOS

| Reservas | Medida | Indicada | Inferida | Lavrável |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Urânio e outros radioativos (t) | 41.170 | 40.020 | 15.720 | 96.910 |

FONTE: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM / MME (2010).

Pela Tabela 4, as reservas brasileiras de carvão mineral são em 2010 são de 41.170 toneladas medida.

2.5.5 Energia hidráulica

A energia hidráulica resulta da irradiação solar, que provocam a evaporação, condensação e precipitação da água sobre a superfície terrestre e da energia potencial gravitacional de água, contida em uma represa elevada. A potência gerada é proporcional à altura da queda de água e à vazão do líquido. Durante o processo de obtenção, antes de se tornar energia elétrica, esta energia deve ser convertida em energia cinética. O momento desta transformação acontece na passagem da água numa máquina hidráulica, denominada turbina hidráulica.

Ao contrário das demais fontes renováveis, representa uma parcela significativa da matriz energética mundial e possui tecnologias de aproveitamento devidamente consolidadas. No Brasil, água e energia têm uma histórica interdependência. Também, desempenha papel importante na integração e no desenvolvimento de regiões distantes dos grandes centros urbanos e industriais.

Apesar da tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e aos avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, a expansão da capacidade de geração hidrelétrica.

A Eletrobrás, através do seu o Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (SIPOT), permite armazenar e processar informações sobre estudos e projetos de usinas hidrelétricas.

TABELA 5 - POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO – POR BACIA HIDROGRÁFICA (MW)

| BACIA | ESTIMADO | INVENTÁRIO | VIABILIDADE | PROJETO BÁSICO | CONSTRUÇÃO | OPERAÇÃO | TOTAL GERAL |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| Rio Amazonas | 32.976 | 38.369 | 774 | 949 | 1.503 | 22.074 | 96.645 |
| Rio Tocantins | 1.875 | 8.056 | 3.738 | 120 | 0 | 13.245 | 27.033 |
| Atlântico N e NE | 707 | 871 | 466 | 50 | 0 | 812 | 2.905 |
| Rio São Francisco | 1.561 | 3.898 | 6.140 | 234 | 32 | 10.751 | 22.615 |
| Atlântico LE | 1.423 | 5.796 | 665 | 822 | 71 | 5.394 | 14.170 |
| Rio Paraná | 5.100 | 9.524 | 1.896 | 2.241 | 457 | 43.439 | 62.658 |
| Rio Uruguai | 416 | 4.054 | 292 | 451 | 152 | 6.359 | 11.723 |
| Atlântico SE | 2.031 | 1.880 | 2.218 | 325 | 40 | 3.755 | 10.248 |
| TOTAIS | 46.087 | 72.445 | 16.189 | 5.192 | 2.255 | 105.829 | 247.997 |

FONTE: SIPOT - Eletrobrás (2016).

Pela Tabela 5, o potencial hidrelétrico brasileiro total é de 247.997 MW, sendo que já em operação 105.829 MW.

2.5.6 Biomassa

Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

O aproveitamento energético da biomassa disponível foi essencial para a evolução humana, sendo que seus próprios meio de obtenção e uso progrediram juntos, desde a lenha catada para cocção, proteção e aquecimento, até as modernas práticas de produção silvo-agropecuárias e industriais, de transformação e uso de biocombustíveis para geração de calor, força motriz e eletricidade.

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não comercial, estima-se que, atualmente, ela possa representar até cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária. Em alguns países em

desenvolvimento, essa parcela pode aumentar para 34%, chegando a 60% na África (IEA, 1998).

No Brasil, a imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica. Historicamente, uma das políticas de maior impacto para a introdução dos biocombustíveis no mercado brasileiro foi o Programa Nacional de Álcool - Proálcool, em 1975. Com ele, a indústria sucroenergética nacional foi consolidada e ampliada, tornando-se referência internacional.

Na produção de etanol, cerca de 28% da cana é transformada em bagaço. Em termos energéticos, o bagaço equivale a 49,5%, o etanol a 43,2% e o vinhoto a 7,3%. Mesmo com esse alto valor energético, o bagaço é pobremente utilizado nas usinas, sendo praticamente incinerado na produção de vapor de baixa pressão (20 kgf/cm²). Esse vapor é utilizado em turbinas de contrapressão nos equipamentos de extração (63%) e na geração de eletricidade (37%). A maior parte do vapor de baixa pressão (2,5 kgf/cm²) que deixa as turbinas é utilizada no aquecimento do caldo (24%) e nos aparelhos de destilação (61%); o restante (15%) não é aproveitado (ANEEL, 2005).

A bioeletricidade é obtida principalmente através da cogeração em unidades dos segmentos industriais sucroenergético e, em menor escala, de papel e celulose, tendo como fonte a lixívia. Dependendo do nível de eficiência energética destas unidades, pode haver geração excedente de bioeletricidade. Uma parcela ainda significativa do parque instalado, especialmente do setor sucroenergético, utiliza processos industriais e centrais de cogeração de baixa eficiência, consumindo a biomassa com o objetivo principal de atender as demandas energéticas (calor e eletricidade) da unidade, com pouco ou nenhum excedente.

2.5.6.1 Biogás

Das fontes para produção de energia, o biogás é uma das mais favoráveis ao meio ambiente. Sua aplicação permite a redução dos gases causadores do efeito estufa e contribui com o combate à poluição do solo e dos lençóis freáticos. Isto

porque o biogás é obtido da biomassa contida em dejetos (urbanos, industriais e agropecuários) e em esgotos.

Essa biomassa passa naturalmente do estado sólido para o gasoso por meio da ação de microrganismos que decompõem a matéria orgânica em um ambiente anaeróbico (sem ar). Se não tratado ou utilizado, o biogás também é lançado à atmosfera, sendo composto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e gás sulfídrico (H_2S). A utilização do lixo para produção de energia permite o direcionamento e utilização deste gás e a redução do volume dos dejetos em estado sólido.

Nas atividades diárias da vida, seja nas residências, no comércio, nas atividades públicas, geram-se grandes quantidades resíduas de natureza orgânica. No Brasil, a fração orgânica in natura nos resíduos sólidos urbanos coletados e destinados aos aterros sanitários e, infelizmente ainda em muitos casos, aos lixões, é de cerca de 60%. Devido ao elevado teor de umidade da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, em torno de 50% em peso, o aproveitamento energético deste resíduo por incineração é pouco eficiente, sendo sua biodigestão para produção de biogás mais indicada. Por esta razão, o conteúdo energético desta fonte de biomassa será estimado em termos da quantidade de biometano equivalente potencialmente recuperável por biodigestão.

No Brasil, além de um projeto piloto segundo o Banco de Informações de Geração (BIG), da Aneel, em novembro de 2008 existiam três usinas termelétricas de pequeno porte movidas a biogás em operação. A primeira delas, inaugurada em 2003, dentro do aterro sanitário Bandeirantes, na cidade de São Paulo, com capacidade instalada de 20 MW, foi anunciada, à época, como a maior usina a biogás do mundo. As demais são: São João, também em aterro sanitário da cidade de São Paulo, com potência instalada de 24,6 MW, e Energ Biog, com 30 kW de potência, na cidade de Barueri, região da Grande São Paulo. Além dessas, havia mais sete empreendimentos outorgados, totalizando 109 MW de potência nos Estados de São Paulo, Bahia, Rio de Janeiro, Pernambuco e Santa Catarina.

2.5.7 Energia eólica

Energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, a saber: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial.

Mesmo assim, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh por ano. Devido, porém, a restrições socioambientais, apenas 53.000 TWh (cerca de 10%) são considerados tecnicamente aproveitáveis. Ainda assim, esse potencial líquido corresponde a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade.

No Brasil, os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil. Segundo a EPE, as regiões com maior potencial medido são Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); Sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com 150 MW de potência.

A Aneel, através do seu Banco de Informações de Geração (BIG), permite informar a quantidade e potência das usinas eólicas brasileiras em operação, em construção e ainda não iniciadas.

TABELA 6 - USINAS EÓLICAS NO BRASIL (kW)

| Quantidade | Situação | Potência Associada (kW) |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 100 empreendimento(s) | Construção não iniciada | 2.184.610 |
| 127 empreendimento(s) | Construção | 2.838.450 |
| 502 empreendimento(s) | Operação | 12.329.443 |

FONTE: BIG - ANEEL (2017).

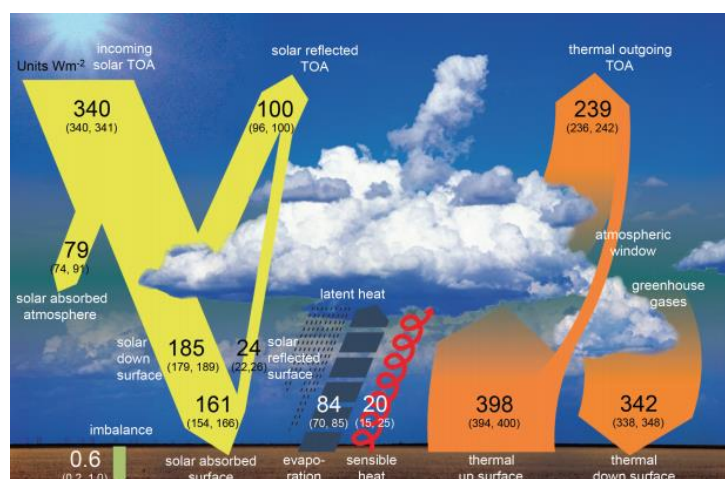
Pela Tabela 6, existem 502 usinas eólicas em operação no Brasil, num total de 12.329.443 kW de geração de energia elétrica.

2.6 A ENERGIA SOLAR

Energia solar é o termo referente à energia que provém da luz e do calor do Sol. A Terra, em seu movimento de translação, recebe a irradiação solar de forma bastante constante. A intensidade dessa irradiação no nível da atmosfera é de 1.367 W/m^2 , valor também conhecido como “constante solar” (DUFFIE; BECKMAN, 2013). Uma parte dessa irradiação é refletida pela atmosfera; outra, absorvida por ela em forma de calor, e uma terceira parte atinge a superfície terrestre, sendo parcialmente absorvida e parcialmente refletida novamente para a atmosfera. A divisão entre reflexão, absorção e transmissão depende do estado da atmosfera: umidade do ar, nebulosidade e a distância que os raios solares percorrem atravessando a atmosfera.

A Figura 1, a seguir, fornece uma avaliação dos fluxos de energia média global a partir de uma perspectiva de superfície e apresenta um diagrama associado do balanço energético médio global, adaptado do estudo de Wild et al. (2013).

FIGURA 1 - DIAGRAMA DO BALANÇO ENERGÉTICO MÉDIO GLOBAL DA TERRA

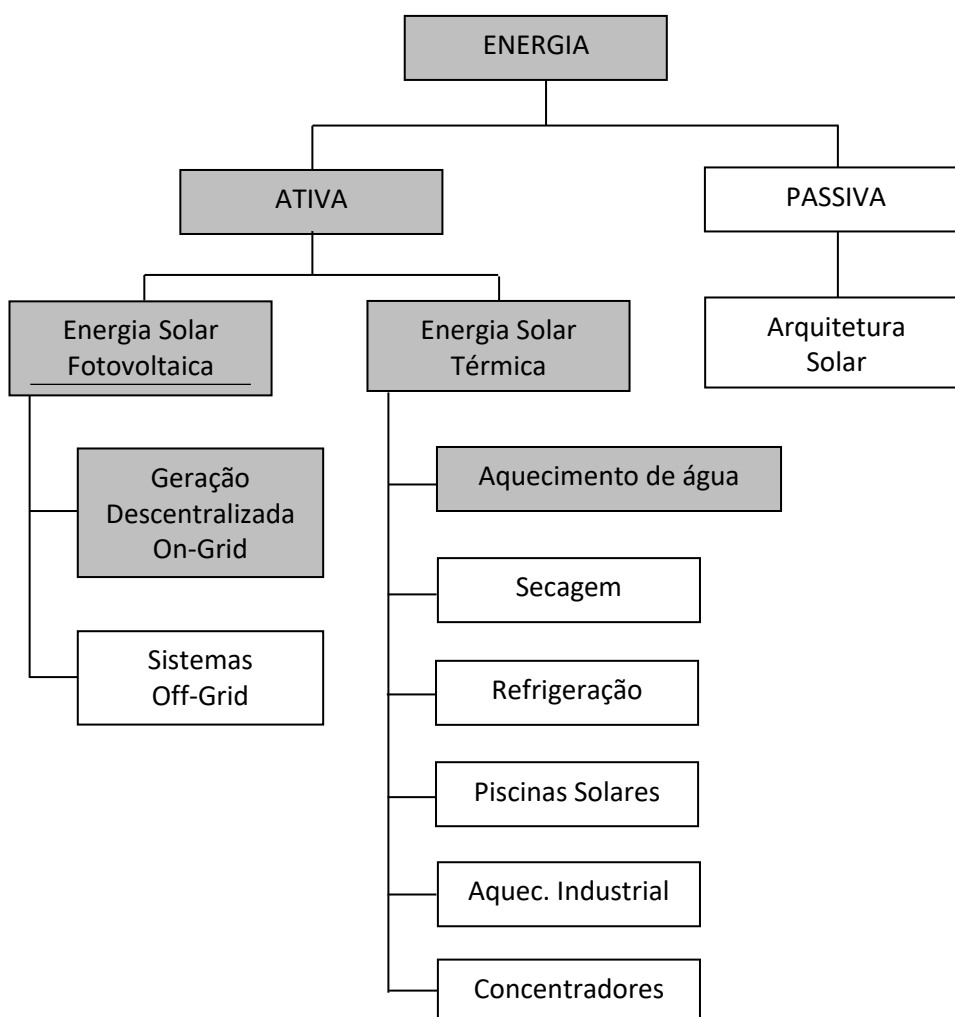


FONTE: WILD et al. (2013).

O Brasil possui grande potencial para uma utilização abrangente da energia solar. A irradiação solar global média incidente sobre um território de 8.514.876,599 km^2 varia entre 4,25 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{dia}$ a 6,5 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{dia}$, entre as diferentes regiões do país e grande parte do território nacional apresenta valores maiores que muitos países europeus, onde a utilização da energia solar já é bastante difundida (MARTINS et al., 2007).

Existem diversas formas de utilização da energia solar. A maneira mais comum, como fonte de energia térmica, é quando a radiação solar incide diretamente para aquecimento de fluidos e ambientes. Quando a incidência solar se dá sobre alguns tipos de materiais compostos de elementos químicos semicondutores, ela pode ser convertida diretamente em energia elétrica. A Figura 2, a seguir, representa essas formas de aproveitamento.

FIGURA 2 - FORMAS DE APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR



FONTE: Adaptado de PEREIRA et al. (2003).

Através de coletores solares é possível realizar o aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos, permitindo assim aplicações residenciais e comerciais, para o aquecimento de água em higiene pessoal, de objetos e de ambientes. Para a secagem de grãos, produção de vapor, aquecimento industrial, ou seja, aplicações que necessitam de temperaturas maiores utilizam-se os concentradores solares.

A conversão da energia solar em energia elétrica de forma direta ocorre pelos efeitos da radiação eletromagnética sobre determinados materiais. O efeito termoelétrico, ou efeito Seebeck, consiste na produção de uma diferença de potencial na junção de dois diferentes materiais condutores ou semicondutores, gerando uma força eletromotriz térmica. Já o efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente semicondutor, quando exposto à radiação eletromagnética como a luz solar.

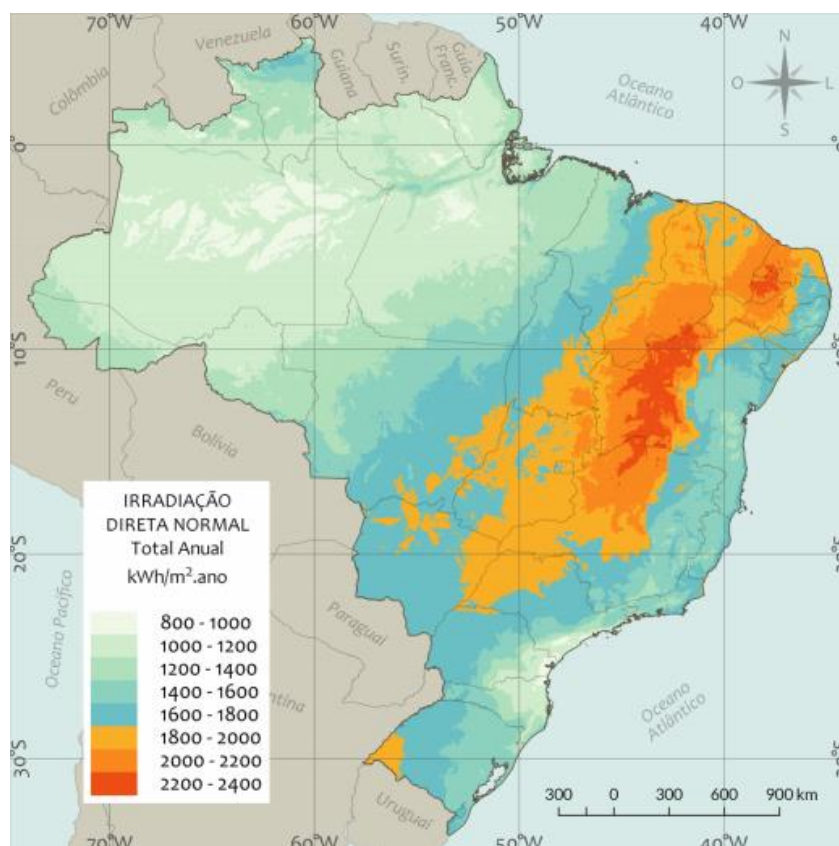
2.6.1 Potencial da energia solar no Brasil

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do país se concentra em regiões mais distantes do equador. Em Porto Alegre, capital brasileira mais meridional (cerca de 30° S), a duração solar do dia varia de 10 horas e 13 minutos a 13 horas e 47 minutos, aproximadamente, entre 21 de junho e 22 de dezembro, respectivamente.

Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

O Atlas Solarimétrico do Brasil (2017) apresenta uma estimativa da radiação solar incidente no país, resultante da interpolação e extrapolação de dados obtidos em estações solarimétricas distribuídas em vários pontos do território nacional. Diferentes tecnologias de utilização da irradiação solar podem ser usadas, o que implica em diferentes temperaturas e, conseqüentemente, diferentes eficiências termodinâmicas de conversão de energia térmica em potência útil, no caso dos aquecedores solares. Na Figura 3, mostra-se o mapa do total anual de irradiação solar direta normal e o potencial de conversão kWh/m².ano.

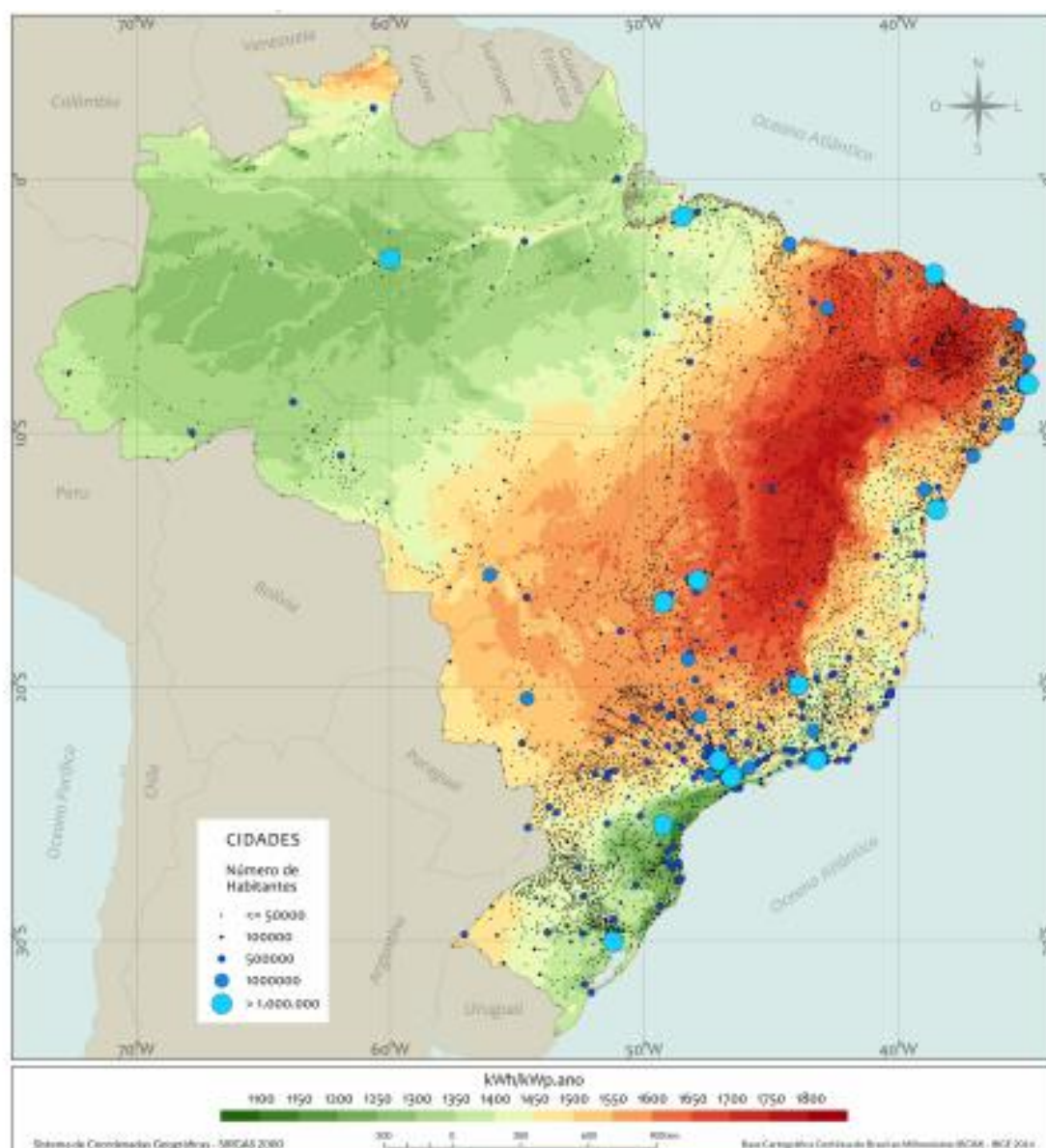
FIGURA 3 - TOTAL ANUAL DE IRRADIAÇÃO SOLAR DIRETA NO BRASIL



FONTE: Atlas Solarimétrico do Brasil (2017).

O Atlas Solarimétrico do Brasil (2017), também, apresenta o potencial de rendimento energético anual máximo (medido em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada) em todo o território nacional. Neste atlas, a taxa de desempenho médio anual de 80% foi adotada para simplificar a análise e representa o desempenho de um gerador solar fotovoltaico bem projetado, instalado com equipamentos de boa qualidade e etiquetado pelo INMETRO. A concentração populacional é também mostrada através dos círculos azuis espalhados pelo território brasileiro, conforme a Figura 4.

FIGURA 4 - POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL



FONTE: Atlas Solarimétrico do Brasil (2017).

2.6.2 Aproveitamento energético em aquecimento solar

A curva de carga do sistema elétrico brasileiro atinge seu pico entre as 18h e 21h e esse comportamento deve-se principalmente ao setor residencial e à ampla utilização de chuveiros elétricos para o aquecimento de água, estando presente em cerca de 73% dos domicílios. A consequência desse comportamento é uma elevada demanda energética associada a um baixo fator de carga (NASPOLINI; MILITÃO; RÜTER, 2010).

O chuveiro é responsável por 34% do consumo total de energia na ponta para o sistema energético brasileiro. Para os segmentos populares que ganham até dois salários mínimos, o consumo de eletricidade com o chuveiro elétrico representa 22,8% da renda (consumo médio de 20,3 kWh/domicílio/mês) e 20,3% para os que ganham entre dois e três salários mínimos (23,2 kWh /domicílio/ mês), segundo Achão e Schaeffer (2009).

Neste período de tempo o Sistema Elétrico Nacional fica sobrecarregado e as empresas geradoras e distribuidoras são obrigadas a injetar mais energia no sistema para atender toda a demanda. No sistema, quem provê estes excedentes são as termoeletricas, aumentando o custo da energia elétrica.

A classe social brasileira de baixa e média renda utiliza o chuveiro elétrico para o aquecimento da água de banho como medida econômica no orçamento da obra, devido ao baixo custo de aquisição e instalação desses aparelhos elétricos entre US\$ 17 a US\$ 30 (chuveiro, braço em PVC e conector elétrico em porcelana). Outra vantagem compreendida pelo usuário de chuveiros elétricos em regiões tropicais e subtropicais com escolha entre 4 kW a 8 kW de potência se dá pela eficiência energética de 95% do processo de conversão para o calor transferido à água (COLLE et al., 2004).

O coletor solar é o responsável por absorver e transferir o calor da radiação solar, em geral para a água que circula em tubos no seu interior. A radiação diária incidente no plano do coletor determina a quantidade de calor por unidade de tempo fornecida ao coletor solar. Esta radiação varia em função dos parâmetros meteorológicos e geográficos do lugar onde o coletor se encontra instalado, tais como latitude local, número de horas diárias de insolação, refletividade do solo e inclinação do coletor solar.

Assim o sistema de aquecimento solar pode fornecer água quente a temperaturas que variam de 40°C e 60°C, o que atende fundamentalmente as necessidades de uso residencial e comercial, em cozinhas e banheiros. Na grande maioria dos casos, no Brasil, esse sistema vem sendo utilizado para substituir o chuveiro elétrico, já que este utiliza energia gerada parte dela por termoeletrica, para converter energia elétrica em calor, ou seja, um contra senso. Assim, o sistema de aquecimento solar tende a ser mais adequado, pois entrega energia térmica gerada a uma temperatura bem próxima à temperatura de utilização (FRAIDENRAICH, 2010).

2.6.3 Aproveitamento energético fotovoltaico

O físico francês Edmond Becquerel foi o primeiro a observar, em 1839, o efeito fotovoltaico. Em suas experiências ele registrou que placas metálicas, de platina ou prata, quando introduzidas em um eletrólito e expostas à luz, produziam uma pequena diferença de potencial (BRITO; VALLÊRA, 2006). A explicação satisfatória para esse efeito foi dada em 1905, por Albert Einstein, e em 1921 deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física. Dentre as demonstrações de Einstein estão a quantização da energia, a energia da radiação (ondas eletromagnéticas) estaria concentrada em pacotes (fótons) e não distribuída sobre a onda (previsão clássica).

Mais recentemente, o efeito fotovoltaico dá-se em materiais da natureza denominados semicondutores que se caracterizam pela presença de uma banda de energia onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra totalmente “vazia”, a banda de condução (BARROS, 2011).

O gerador é composto basicamente por um conjunto de módulos fotovoltaicos e por um inversor, que é um conversor eletrônico e normalmente são instalados sobre telhados, torres ou em locais não sombreados. A energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua (CC) é convertida em corrente alternada (CA) através do inversor e utilizada em equipamentos da mesma forma como se estivessem ligados na rede elétrica da concessionária.

As células fotovoltaicas geram pequenas quantidades de potência e para que possam formar um sistema fotovoltaico, onde são necessárias potências maiores, torna-se imperativo associá-las. Podem ser agrupadas em série e/ou em paralelo, dependendo da característica elétrica requerida (RÜTHER, 2004).

A maioria das aplicações solares para a geração de energia elétrica que foram instaladas até o início dos anos 90 se restringia a locais distantes da rede elétrica pública. Muitos desses sistemas isolados estão em operação até hoje, principalmente em estações repetidoras remotas de rádio, televisão e telefone, sinalizadores marítimos, sistemas de bombeamento de água e fontes de energia elétrica para residências. A implantação de sistemas isolados desse tipo é plenamente justificável, pois os custos para levar energia elétrica para locais remotos são muito maiores do que os custos de uma instalação solar isolada.

2.7 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Alguns autores associam o conceito de geração distribuída às tecnologias renováveis, no entanto outros indicam que o conceito não se deva estar restrito a determinadas tecnologias. Sabe-se que o recurso solar está disponível em todo o território brasileiro, enquanto outros como ventos e biomassa, variam de acordo com a região e cada país. Assim, é possível a geração em pequena escala com recursos não renováveis, por exemplo, com pequenas turbinas a gás. (ACKERMAN; GÖRAN; SÖDER, 2001).

Os sistemas conectados à rede podem ser divididos em sistemas de geração centralizada ou sistemas de geração distribuída. No primeiro caso, a oferta de energia é caracterizada por usinas de grande porte distantes dos centros de carga, enquanto na geração distribuída a oferta se dá por meio de mini ou micro usinas próximas aos centros de consumo.

A geração distribuída de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos consiste em se ter estes conectados à rede de distribuição de energia elétrica da concessionária. Dessa forma não se utilizam baterias para armazenamento, ao contrário da grande maioria dos sistemas isolados que, para fornecerem energia à noite e em dias nublados, armazenam energia durante o dia nas baterias. São denominados de Sistema Fotovoltaico *“on grid”*, dessa forma toda geração é consumida instantaneamente pelos equipamentos da residência ou comércio e a diferença é entregue diretamente na rede externa absorvendo a energia elétrica gerada.

Assim, a microgeração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos, ou seja, a geração de energia elétrica conectada em paralelo aos vários tipos de geradores das companhias de energia é uma solução que vem sendo adotada em vários países, devido à escassez de outras fontes não renováveis. São sistemas de pequeníssimo porte e que podem gerar quase que a totalidade da energia mensal necessária daquela casa e que utilizam um sistema de compensação. Ou seja, durante o dia, o excedente de energia produzido é injetado na rede da concessionária, e durante a noite, quando o sistema não produz, a energia utilizada é fornecida pela companhia. O efeito prático é uma redução substancial na fatura mensal de energia.

No Brasil, em abril de 2012, por meio da resolução ANEEL 482, o governo estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. Também, regulamentou que as distribuidoras de energia elétrica deveriam adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso da minigeração e microgeração distribuída. Antes disso, o pleno aproveitamento do potencial de energia solar apresentava vários obstáculos de natureza regulatória.

2.8 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência Energética se refere a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes entre outros. O melhor aproveitamento das fontes energéticas se encaixa perfeitamente no conceito de eficiência energética que, em síntese, é atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto da natureza.

O início da preocupação mais com eficiência energética se deu com as crises do petróleo de 1973 e 1979, pois evidenciaram a noção de escassez dos recursos energéticos. A alta dos preços decorrentes dessas crises abriu espaço para intervenções no sentido da conservação e eficiência na utilização dos seus derivados. Na mesma direção, iniciou-se no Brasil uma movimentação para a diversificação da matriz energética com o objetivo de dar maior segurança energética ao país.

A seguir, um breve histórico dos programas de eficiência energética criados no Brasil:

- Programa CONSERVE, criado em 1981, visando à promoção da conservação de energia na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e ao estímulo à substituição de energéticos importados por fontes alternativas autóctones;
- Em 1982, iniciou-se o Programa de Mobilização Energética – PME, conjunto de ações dirigidas à conservação de energia e à substituição de derivados de petróleo;

- Em 1984, o Inmetro – Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade, órgão vinculado ao Ministério da Indústria e do Comércio Exterior, implementou o Programa de Conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos, tendo por objetivo promover a redução do consumo de energia em equipamentos como refrigeradores, congeladores, e condicionadores de ar domésticos;
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, este foi instituído em 1985 com a finalidade de integrar as ações visando à conservação de energia elétrica no país, dentro de uma visão abrangente e coordenada;
- Em 1990 o Governo Federal cria a CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia, numa tentativa de reduzir o desperdício de energia no Setor Público;
- Em 26 de Dezembro de 1996 a Lei nº 9.427, que cria a Agência Nacional de Energia Elétrica, cujo regulamento foi definido pelo Decreto Nº 2.335, de 6 de Outubro de 1997. O Decreto estabelece as diretrizes da ANEEL, suas atribuições e estrutura básica.
- Em 24 de Julho de 2000, é promulgada a Lei nº 9.991, que dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.
- Em 17 de Outubro de 2001, é promulgada a Lei nº 10.295, também conhecida como Lei da Eficiência Energética. Esta Lei corresponde ao principal marco regulatório da matéria no Brasil. A referida Lei dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional da energia, visando à alocação eficiente dos recursos energéticos e também a preservação do meio ambiente.

Destaque especial ao PROCEL, onde sua atuação inicial se caracterizou pela publicação e distribuição de manuais destinados à conservação de energia elétrica entre vários setores sociais. Algumas iniciativas, em termos de estímulo ao desenvolvimento tecnológico e à adequação de legislação e normas técnicas. Em seguida, seu objetivo era, e continua sendo, promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se

reduzam os custos e os investimentos setoriais. Da mesma forma, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) criado em 1984 visa fornecer informações aos consumidores que lhes permitam avaliar o consumo energético dos equipamentos eletrodomésticos e sob sua vontade, decidir pela compra daqueles com maior eficiência em relação ao consumo, sempre com objetivo de reduzir investimentos governamentais em novas unidades geradoras.

Importância, também, ao estabelecer que o Inmetro pudesse ser o órgão responsável pela regulamentação, condução e fiscalização dos Programas de Avaliação da Conformidade relacionados com eficiência energética. Essa avaliação da conformidade se dá através de diversos mecanismos, sendo um deles a Etiquetagem, com a finalidade de verificar requisitos relacionados ao desempenho do produto, principalmente quanto à sua eficiência energética.

Nessa discussão, não menos importante é a disseminação do conhecimento e a educação para o problema de conservação de energia, que vem contrapor a velha cultura do desperdício, ou seja, em criar-se uma cultura de uso racional de energia.

2.9 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Na visão de Edgar Morin (1997), neste milênio, todos os cidadãos precisarão identificar e entender o contexto, os entornos e os contornos (o Global, o Multidimensional e o Complexo), articulando as informações. Principalmente com seu método Morin, propõe uma ferramenta de análise efetiva, integrando diferentes aspectos da problemática ambiental, às vezes conflitantes, porém complementares.

No Brasil, Floriani e Knechtel (2003), trazem algumas referências epistemológicas básicas e reflexões sobre as condições constitutivas e possibilidades de acesso ao conhecimento que permeiam as práticas socioeducativas, inseridas na interface dos problemas socioambientais.

Para se conhecer a dinâmica dos processos socioambientais é necessário um conhecimento científico que vai muito além do conhecimento disciplinar. Como destacado por Enrique Leff (1998), o saber ambiental descobre as ciências ambientais constituídas por um conjunto de especializações que incorporam enfoques ecológicos às disciplinas tradicionais e se estende, mais além do campo de articulação das ciências, para o terreno dos valores éticos, dos conhecimentos

práticos e dos saberes tradicionais. O “saber ambiental” parte do conhecimento de múltiplas disciplinas integradas, para construir um campo teórico e prático orientado para as interações sociedade-natureza (LEFF, 1998).

Necessário se faz, portanto, elaborar novos referenciais para as práticas interdisciplinares entre natureza e sociedade. Essa nova maneira de pensar e construir o conhecimento exige uma nova “pedagogia do conhecimento”, ou seja, questionar permanentemente sobre como fazer a interdisciplinaridade e os resultados desse fazer, em um processo realimentado e intermediado pela educação, incluída aí a educação ambiental.

Assim, a necessária interação entre as disciplinas somente terá sentido e fará efeito com a prática social educativa e a consequente aplicação na realidade social. Resumindo, a dimensão social exige transpor a ciência e as atividades acadêmicas no que diz respeito às temáticas do meio ambiente e do desenvolvimento.

De outro lado, a segurança e a eficiência energética devem ser preocupação de todos os países. Sem um acesso seguro à energia contínua e eficiente, é impossível o desenvolvimento com sustentabilidade, elemento fundamental para também conseguir o bem estar social da população (educação, saúde transporte, segurança, entre outros).

Estudos como os realizados pela OLADE (Organizacion Latinoamericana para El Desarrollo) mostram que cidadãos informados e sensibilizados para a necessidade de usar a energia de forma racional e eficiente, tendem a economizar 10% a 15%, quando comparados àqueles que não estão atentos para esta questão. A utilização de tecnologias mais eficientes e a utilização energética mais racional e inteligente são duas frentes que devem ser consideradas na formulação de políticas.

A obtenção de economia de energia exige, por um lado, o desenvolvimento de técnicas, produtos e serviços eficientes do ponto de vista energético e, por outro, uma alteração dos padrões comportamentais, com vista a um menor consumo de energia sem perda de qualidade de vida. Esse desafio exige, também, a capacitação de profissionais que possam promover o debate ambiental e a elaboração, implantação e desenvolvimento de projetos que promovam a educação para a sustentabilidade. Essa tarefa pode ser facilitada na medida em que cidadãos que têm o compromisso de proteger a natureza e o planeta reconheçam o papel central da educação na formação de valores e na ação social.

Considerando que a educação ambiental é um processo dinâmico e em permanente construção, um instrumento capaz de contribuir, com esse papel educativo, seria o de desenvolver a percepção dos cidadãos sobre os meios para a racionalização do uso da energia e a melhoria da eficiência energética. Em termos pedagógicos, cabe à educação ambiental concorrer à formação e exercício da cidadania, possibilitando aos participantes desse processo a compreensão necessária dos conhecimentos sobre as causas e consequências dos problemas socioambientais, pela reflexão e ações no sentido da melhoria de vida.

Do ponto de vista do cidadão que recebe a nova tecnologia, utiliza-se o conceito da percepção humana, que é interpretada como um indicador básico para o atingimento dos diversos níveis de conscientização ambiental. A interação do conhecimento popular e acadêmico normalmente apresenta grande potencial para que se atinja um efetivo cuidado com o meio ambiente. A interpretação ambiental gerada pela percepção pode ser considerada um fator importante no nível de consciência das populações e comunidades não acadêmicas que utilizam as energias renováveis.

Os estudos que utilizam a percepção ambiental pretendem investigar a forma como o ser humano enxerga, interpreta, convive e se adapta à realidade do meio em que vive, principalmente em se tratando de ambientes instáveis ou vulneráveis socialmente e naturalmente (OKAMOTO, 1996).

Ampliando para o raciocínio da percepção ambiental, define-se como a maneira como os seres humanos organizam e interpretam suas impressões sensoriais, a fim de dar sentido ao seu ambiente (ROBBINS, 1999). A percepção indica, ainda, uma “função de captação de informação dos acontecimentos do meio exterior, ou do meio interno, pela via dos mecanismos sensoriais” (DORON; PAROT, 2001).

Diversas são as formas de se estudar a percepção ambiental, como por exemplo: questionários, mapas de contorno, representação fotográfica, entre outros. Existem alguns trabalhos em percepção ambiental que buscam não apenas o entendimento daquilo que a população pesquisada percebe, mas também, promover a sensibilização, bem como o desenvolvimento da compreensão do ambiente (FAGGIONATO, 2011).

De maneira prática, por meio da percepção e interpretação ambientais, a população pode atribuir valores e importâncias em sua moradia, bem como, para a

área em seu entorno. Sendo assim um processo valioso que desperta a sensibilização do ser humano em relação às realidades ambientais, é fundamental a contribuição e mediação da educação ambiental como resultado final desse processo.

Então, a Educação Ambiental como meio intermediário de percepção do conhecimento dos valores e ações que os seres humanos possuem frente ao meio ambiente, poderá elaborar propostas e práticas socioeducativas que venham a atender aos usuários das tecnologias para energias renováveis, visando provocar respostas mais efetiva que contribuam para a sustentabilidade socioambiental.

Com base no que foi colocado nos parágrafos anteriores, considera-se que a percepção ambiental pode ser utilizada para avaliar a problemática em torno das questões das energias renováveis, especialmente a energia solar e das suas diversas correlações. Emergiu, dessa forma, a necessidade de investigar, através de questionário, qual a percepção ambiental dos diferentes usuários de tecnologias para energia solar dentro dos limites dessa pesquisa.

3 METODOLOGIA

A realização do presente estudo compreendeu, num primeiro momento, uma revisão bibliográfica de modo a se obter conhecimentos e fazer as reflexões de obras específicas que destaquem a importância das relações da sociedade, da crise ambiental, das injustiças ambientais, do desenvolvimento com sustentabilidade e do uso das energias renováveis, de modo a identificar a situação atual.

Com o uso de dados do Ministério das Minas e Energia, da Empresa de Pesquisa Energética - EPE e da Concessionária Paranaense de Energia - COPEL, elaborou-se um panorama do balanço energético brasileiro e paranaense, no sentido de observar as principais fontes de energia utilizadas no Brasil e no Paraná. Utilizou-se o método de análise de informações de fontes secundárias, complementado com dados fornecidos pela concessionária de energia do Paraná, para descrever a matriz de geração elétrica no Brasil e do Paraná, assim como traçar um perfil do consumo de energia elétrica nos diversos setores da economia brasileira e paranaense.

Em seguida, apresentou-se a evolução e o cenário atual da utilização das tecnologias de aquecimento solar e da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil e no Paraná. E ainda, levantaram-se junto aos órgãos competentes no âmbito federal e estadual, as políticas e programas de incentivo à utilização da energia solar para aquecimento e à microgeração de energia solar fotovoltaica, analisando os custos de implantação desses projetos, bem como os programas de fomento existentes.

A partir disso, com base nesses dados e com pesquisa de campo, o trabalho se encaminhou para seu objetivo principal de estudo que foi avaliar que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exerce no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores dessas instalações.

Essa pesquisa consiste em uma abordagem quantitativa e qualitativa, que buscou o entendimento da utilização de sistemas de energia solar de aquecimento e de geração fotovoltaica aos hábitos e costumes da população usuária e possíveis mudanças de comportamentos decorrentes da presença dessa nova tecnologia no espaço habitacional. Configura-se como estudo de caso, pertinente à zona urbana

de Curitiba. Utilizou-se a pesquisa descritiva, pois buscou o entendimento aprofundado do objeto de estudo; sendo também uma pesquisa exploratória, pois incluiu o levantamento de dados em campo, e por fim, analítica, já que dos dados analisados, extraiu-se sua relevância (GIL, 1999).

Como o território paranaense é composto por diversas regiões, não seria possível testar uma hipótese geral analisando todas estas diferenças ambientais e culturais existentes. Para isso, optou-se por realizar a pesquisa utilizando estudos de caso. Os estudos de caso estão baseados em uma metodologia cujas informações são levantadas por meio de uma amostra reduzida, o que em si não possibilita demonstrar o universo de cada situação, mas permite ilustrar uma situação concreta. Segundo o autor Robert Yin, os estudos de casos envolvem uma análise intensiva de um número relativamente pequeno de situações que às vezes se resumem a um único caso. A adoção de múltiplos casos é desejável quando a intenção da pesquisa é a descrição de um fenômeno, a construção de teoria ou o teste de teoria (YIN, 1990).

Os estudos de caso permitem explorar situações da vida real, cujos limites não estão claramente definidos, e ainda explicar variáveis de determinados fenômenos que não possibilitam a utilização de levantamentos ou experimentos (GIL, 1999).

A entrevista foi utilizada como uma técnica de pesquisa onde o pesquisador formula questões ao entrevistado e este as responde. A entrevista semiestruturada foi a técnica de interrogação utilizada neste estudo; o entrevistador explorou pontos de maior interesse no decorrer do processo, não se limitando somente a uma relação fixa de perguntas. (GIL, 1999). Daí a necessidade da pesquisa qualitativa também estar integrada.

Para efetivação das entrevistas foram construídos dois instrumentos de pesquisa de campo. Um a ser aplicado nos usuários de sistemas de aquecimento solar e outro em usuários de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, conforme anexos 1 e 2, respectivamente.

Após a coleta de dados, foi feita a análise dos dados quantitativos e o cruzamento desses com os dados qualitativos; com os quais foi realizada a análise de conteúdo – discussão e elaboração da síntese (BARDIN, 2009).

Por fim, a pesquisa ainda é caracterizada como *ex-post facto*, ou seja, realizada após a implantação das tecnologias de aquecimento solar ou de microgeração fotovoltaica nas residências (GIL, 1999).

4 PESQUISA

4.1 A EVOLUÇÃO DA PESQUISA SOBRE ENERGIA SOLAR NO PPGMADE

A primeira pesquisa a respeito do tema se deu com o pesquisador Marcos Alfred Brehm, em 2014, com o título de sua dissertação: “GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA POR PEQUENOS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS NO PARANÁ: POTENCIALIDADES E ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS”. O principal objetivo do trabalho foi analisar o panorama, à época, da microgeração fotovoltaica distribuída por pequenos consumidores no Estado do Paraná, para inferir se tal tecnologia seria viável como possível fonte geradora de energia. A pesquisa evidenciou a pouca representatividade dos sistemas de geração fotovoltaica distribuídas no Brasil e no mundo.

Foi levantada uma lista com todos pedidos para ligação deste tipo de sistema à rede elétrica no Paraná até novembro de 2013 junto à empresa concessionária (COPEL), e estes somavam 10 (dez) solicitações no período de quase um ano de suporte normativo. O trabalho já demonstrava que a radiação solar incidente no Brasil é intensa, inclusive na região paranaense, o que foi evidenciado pelo resultado das seis simulações de geração de energia elétrica para um sistema estático de 1kWp.

Pôde-se concluir que a tecnologia de microgeração fotovoltaica distribuída já se mostrava viável em aspectos ambientais, técnicos, normativos e estava muito próxima de se viabilizar economicamente no Brasil. No entanto poderia ser fomentada através de medidas como: tarifas atrativas aos produtores de energia, subsídios ao investimento inicial, incentivos à aquisição da energia produzida.

À época, fazia-se necessário não somente que se aprofundassem estudos acerca de novas tecnologias, eficiência de processos produtivos e de conversão, emissão de poluentes e outros gases, etc., mas que estes estudos efetivamente comesçassem a balizar estratégias e políticas de fomento e de investimento.

A segunda pesquisa a respeito do tema ocorreu em 2016, com o título da dissertação: “ASPECTOS SOCIAIS RELACIONADOS À DIFUSÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE CURITIBA”, da pesquisadora Helena Leal Rokembach. O principal objetivo desse trabalho foi analisar a difusão de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em

residências na cidade de Curitiba com base nas observações relatadas por microgeradores desta modalidade na cidade e por um gestor do setor e das políticas públicas existentes.

Na pesquisa são listados 71 sistemas microgeradores fotovoltaicos na cidade de Curitiba, segundo dados fornecidos pela COPEL, sendo 54 residenciais. E já existiam, em 2015, 21 empresas que forneciam o serviço de instalação dos sistemas.

À época, ainda, os entrevistados relataram certa insegurança em realizar o investimento pela falta de informação técnica, e também, por não conhecerem os resultados dessa modalidade de geração, ainda em difusão. O mesmo foi relatado pelos gestores da área, que colocaram como um dos maiores entraves a falta de informação sobre a tecnologia e consequente falta de confiabilidade nos resultados obtidos.

Também, como resultado dessa pesquisa, o principal fator apresentado pelos usuários e pelos gestores da área relacionada à adesão ao sistema de geração foi a possibilidade de economia, ou seja, o retorno financeiro. A falta de incentivos para crédito também foi apontada pelos gestores como um fator que leva um cliente em potencial a desistir da instalação.

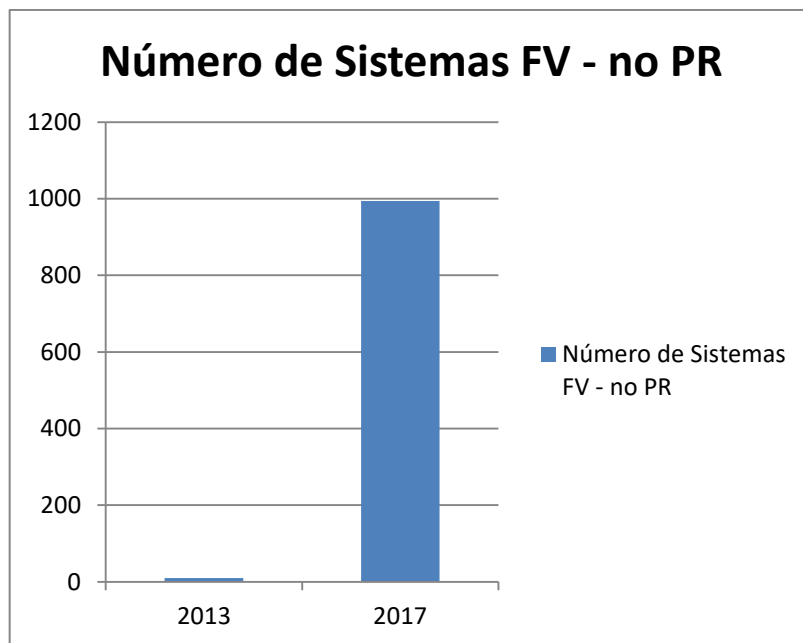
Ainda nessa pesquisa, constatou-se que políticas de facilitação de crédito podem contribuir para a expansão deste mercado para outros segmentos da população interessados na economia que esse investimento pode proporcionar.

Da mesma forma que o primeiro estudo, essa pesquisa sugeria: a) realização de estimativas quantitativas de expansão do mercado fotovoltaico residencial conectado à rede para a cidade de Curitiba; b) investigação da percepção que a população em geral da cidade tem em relação aos sistemas através de pesquisas de opinião; c) elaboração de estratégias de publicidade e comunicação para melhorar o acesso e a qualidade da informação disponível a respeito da geração distribuída e dos sistemas fotovoltaicos.

Com base na Tabela 16, que será amplamente descrita na sequência desta pesquisa, observa-se que em 2017, no Paraná existem 994 sistemas de microgeração solar fotovoltaica, interligados às redes das concessionárias.

O gráfico da Figura 5 mostra essa evolução dentro das pesquisas do PPGMADE. Na pesquisa de 2013 havia 10 sistemas, enquanto na pesquisa de 2017 já se somam 994.

FIGURA 5 - EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO PR –
EM PESQUISAS DO PPGMADE



FONTE: Autor (2017).

A pesquisa de 2015 apresenta dados para a cidade de Curitiba e não do estado do Paraná. De qualquer forma, já havia apenas em Curitiba, em 2015 um total de 71 sistemas microgeradores.

4.2 BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

Com o objetivo de apresentar um panorama de quanto se gera de energia no Brasil, quais tipos de energia são utilizados e quem utiliza essa energia, recorreu-se ao relatório Balanço Energético Nacional 2016, ano base 2015, da EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE.

A Tabela 7 apresenta a Oferta Interna de Energia OIE (renováveis e não renováveis) que é o total de energia disponibilizada no país. Em 2015 o Brasil atingiu 299 Mtep¹.

¹ tep – tonelada equivalente de petróleo - é uma unidade de energia definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 gigajoules.

TABELA 7 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA – OEI NACIONAL – 10³ TEP

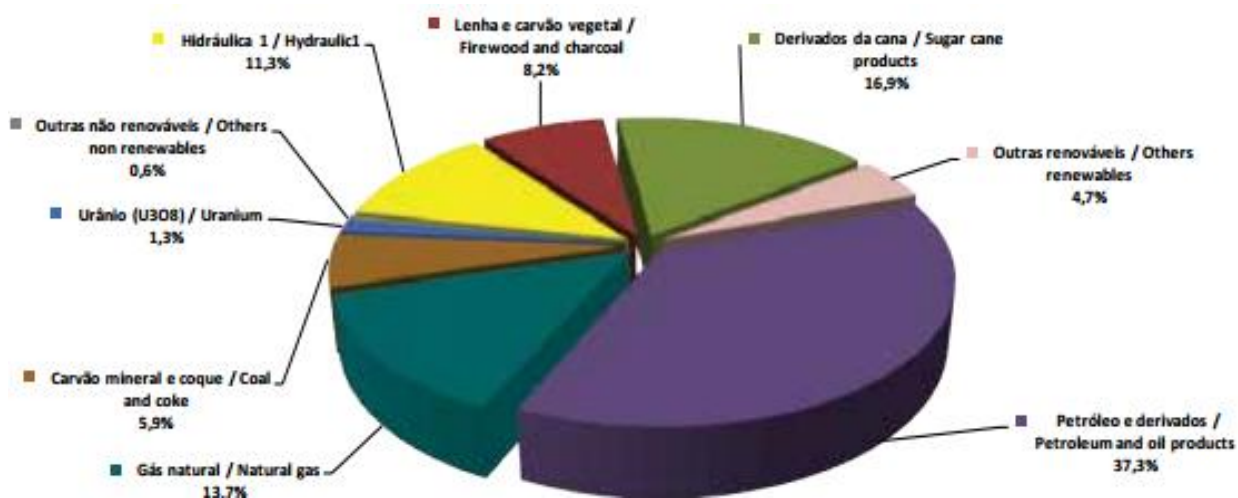
| IDENTIFICAÇÃO | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ENERGIA NÃO RENOVÁVEL | 124.951 | 129.644 | 136.981 | 129.377 | 148.644 | 153.855 | 164.928 | 176.468 | 185.070 | 175.957 |
| PETROLEO E DERIVADOS | 85.545 | 89.239 | 92.410 | 92.263 | 101.714 | 105.172 | 111.413 | 116.500 | 120.327 | 111.626 |
| GÁS NATURAL | 21.716 | 22.199 | 25.934 | 21.329 | 27.536 | 27.721 | 32.598 | 37.792 | 41.373 | 40.971 |
| CARVÃO MINERAL E COQUE | 12.809 | 13.575 | 13.769 | 11.110 | 14.462 | 15.449 | 15.288 | 16.478 | 17.521 | 17.675 |
| URANIO | 3.667 | 3.309 | 3.709 | 3.433 | 3.857 | 4.187 | 4.286 | 4.107 | 4.036 | 3.855 |
| OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS | 1.214 | 1.323 | 1.159 | 1.242 | 1.075 | 1.326 | 1.343 | 1.592 | 1.814 | 1.830 |
| ENERGIA RENOVÁVEL | 100.669 | 108.367 | 114.878 | 113.733 | 120.152 | 118.341 | 118.328 | 119.833 | 120.478 | 123.255 |
| HIDRÁULICA | 33.537 | 35.505 | 34.412 | 37.036 | 37.663 | 39.923 | 39.181 | 37.093 | 35.019 | 33.897 |
| LENHA E CARVÃO VEGETAL | 28.589 | 28.628 | 29.227 | 24.610 | 25.998 | 25.997 | 25.683 | 24.580 | 24.936 | 24.519 |
| DERIVADOS DA CANA DE AÇÚCAR | 33.003 | 37.852 | 42.872 | 43.978 | 47.102 | 42.777 | 43.557 | 47.601 | 48.170 | 50.648 |
| OUTRAS RENOVÁVEIS | 5.539 | 6.382 | 7.367 | 8.109 | 9.389 | 9.644 | 9.908 | 10.559 | 12.353 | 14.191 |
| TOTAL | 225.621 | 238.011 | 251.860 | 243.110 | 268.796 | 272.196 | 283.257 | 296.301 | 305.547 | 299.211 |

FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

Desse total de oferta de energia, verifica-se que 41,2% são de fontes de energia consideradas renováveis, sendo as principais: 16,9% biomassa de cana de açúcar, 11,3% hidráulica, 8,2% lenha e carvão vegetal, 4,8% outras energias renováveis. Entre as fontes de energia não renováveis, num total de 58,8%, destaca-se: 37,3% petróleo, 13,7% gás natural, 5,9% carvão mineral, 1,3% urânio e 0,6% outras fontes não renováveis. A Figura 6 resume graficamente esses dados.

Dado importante a ser detalhado, no caso da energia elétrica verifica-se um recuo na oferta interna em relação a 2014. Pelo quarto ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, houve redução da energia hidráulica disponibilizada. Em 2015 o decréscimo foi de 3,2% comparado ao ano anterior.

FIGURA 6 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA - NACIONAL



FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

Com relação ao consumo de energia, conforme Tabela 8, a seguir, observa-se que o setor industrial utilizou 32,5% dessa energia, enquanto transportes 32,2%, residências 9,6%, setor energético 10,7%, agropecuária 4,4%, setor de serviços 4,8% e 5,8% restante é uso não energético². Ou seja, indústria, transporte e mobilidade correspondem a 65% do total de energia consumida no país.

² Quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos.

TABELA 8 - CONSUMO FINAL POR SETOR – NACIONAL – 10³ TEP

| IDENTIFICAÇÃO | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| CONSUMO FINAL | 202.534 | 215.197 | 226.215 | 220.732 | 241.194 | 245.860 | 253.037 | 260.218 | 265.774 | 260.684 |
| CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO | 14.324 | 14.166 | 14.676 | 14.921 | 17.686 | 16.837 | 16.873 | 16.338 | 16.018 | 15.237 |
| CONSUMO FINAL ENERGÉTICO | 188.210 | 201.031 | 211.538 | 205.811 | 223.508 | 229.023 | 236.165 | 243.880 | 249.756 | 245.446 |
| SETOR ENERGÉTICO | 18.823 | 21.049 | 24.679 | 23.916 | 24.263 | 22.171 | 22.868 | 26.143 | 27.453 | 27.763 |
| RESIDENCIAL | 22.090 | 22.271 | 22.738 | 23.129 | 23.562 | 23.267 | 23.761 | 23.726 | 24.808 | 24.951 |
| COMERCIAL | 5.631 | 5.935 | 6.190 | 6.335 | 6.731 | 7.124 | 7.709 | 8.062 | 8.630 | 8.582 |
| PÚBLICO | 3.453 | 3.557 | 3.622 | 3.648 | 3.636 | 3.758 | 3.741 | 3.871 | 3.996 | 3.980 |
| AGROPECUÁRIO | 8.554 | 9.067 | 9.911 | 9.553 | 10.029 | 9.999 | 10.362 | 10.632 | 11.196 | 11.487 |
| TRANSPORTES TOTAL | 53.630 | 58.019 | 62.829 | 63.041 | 69.720 | 73.989 | 79.027 | 83.152 | 86.315 | 84.037 |
| INDUSTRIAL TOTAL | 76.030 | 81.133 | 81.570 | 76.189 | 85.567 | 88.716 | 88.697 | 88.294 | 87.358 | 84.645 |

FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

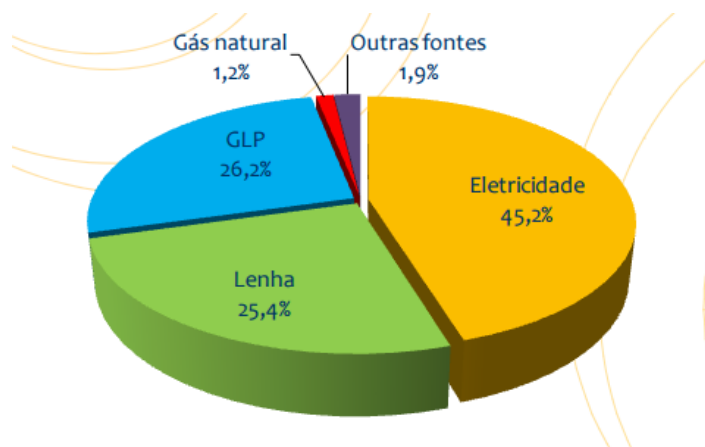
No setor residencial, conforme se verifica na Tabela 9, a utilização de energia indica que o consumo é: 45,2% de energia elétrica, 26,2% de GLP, 25,4% de lenha, 1,2% de gás natural e 1,9% de outras fontes. Na Figura 7 apresenta-se graficamente um sumário desses dados.

TABELA 9 - CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL – NACIONAL – 10³ TEP

| FONTES | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| GÁS NATURAL | 207 | 221 | 229 | 238 | 255 | 280 | 296 | 321 | 310 | 312 |
| LENHA | 8.276 | 7.812 | 7.706 | 7.529 | 7.276 | 6.505 | 6.472 | 5.741 | 6.109 | 6.334 |
| GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO | 5.710 | 5.896 | 6.043 | 6.115 | 6.298 | 6.364 | 6.393 | 6.521 | 6.535 | 6.541 |
| QUEROSENE | 15 | 9 | 9 | 8 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| GÁS CANALIZADO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELETRICIDADE | 7.380 | 7.816 | 8.220 | 8.655 | 9.220 | 9.629 | 10.118 | 10.737 | 11.373 | 11.289 |
| CARVÃO VEGETAL | 502 | 517 | 531 | 584 | 509 | 483 | 478 | 402 | 478 | 474 |
| TOTAL | 22.090 | 22.271 | 22.738 | 23.129 | 23.562 | 23.267 | 23.761 | 23.726 | 24.808 | 24.951 |

FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

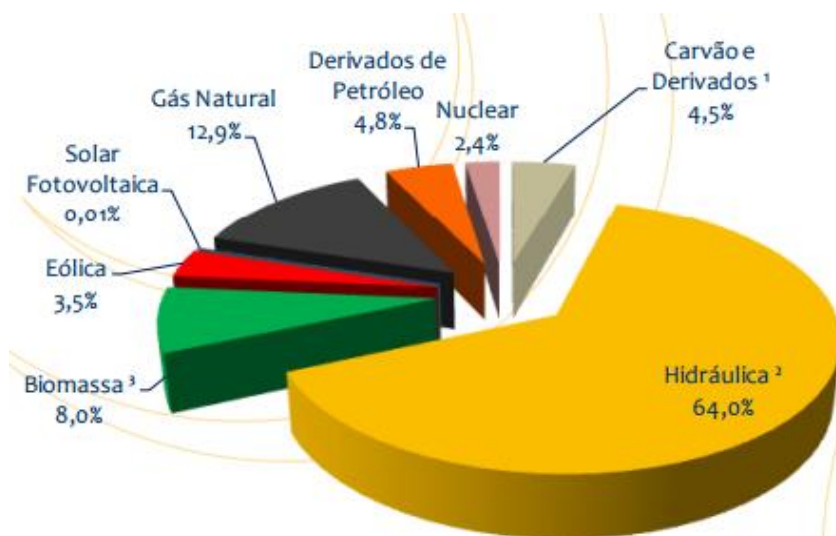
FIGURA 7 - CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA - NACIONAL



FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

Em termos de geração de energia elétrica, o relatório apresenta a atualização do ano de 2015 da matriz elétrica brasileira. A energia hidráulica ainda é a fonte de geração elétrica mais relevante, seguida por gás natural e biomassa. Nota-se, pela primeira vez, o aparecimento da energia solar como parcela importante na matriz.

FIGURA 8 - MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA



FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 64,0% da oferta interna. As fontes renováveis representam 75,5% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável. Vide Figura 8 que resume graficamente dados específicos da matriz elétrica brasileira.

Quanto à geração de energia elétrica, quando avaliado em gigawatt-hora, verifica-se na Tabela 10, a seguir, que houve uma diminuição na geração de 2015 por fontes convencionais, quando comparada com 2014, segundo o relatório indica em função da crise econômica que o país enfrenta. Porém, mesmo assim, há um aumento na geração de energia elétrica por fontes alternativas como solar fotovoltaica e eólica.

TABELA 10 - GERAÇÃO ELÉTRICA¹ (GWH) - NACIONAL

| FONTE | 2015 | 2014 |
|----------------------|----------------|----------------|
| HIDRELÉTRICA | 359.743 | 373.439 |
| GÁS NATURAL | 79.490 | 81.073 |
| BIOMASSA | 47.394 | 44.987 |
| DERIVADO DE PETRÓLEO | 25.662 | 31.529 |
| NUCLEAR | 14.734 | 15.378 |
| CARVÃO VAPOR | 19.096 | 18.385 |
| EÓLICA | 21.635 | 12.210 |
| SOLAR FOTOVOLTAICA | 59 | 16 |
| OUTRAS | 13.682 | 13.524 |
| GERAÇÃO TOTAL | 581.486 | 590.542 |

FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

Cabe ressaltar que o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O chamado Sistema Interligado Nacional - SIN é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento à sociedade com segurança e economicidade (ONS, 2017).

A composição da matriz energética de um país pode ocupar um papel central para os esforços de mitigação da emissão de Gases de Efeito Estufa e de adaptação às mudanças climáticas. No Brasil, as metas para emissão desses gases estão estabelecidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e nos acordos internacionais sobre clima. O Decreto 7.390/10, que regulamenta a PNMC, estabelece que, no setor de energia, o plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças do clima é o Plano Decenal de Expansão Energética 2024.

Percebe-se que no Brasil, o consumo energético tem acompanhado o crescimento econômico de uma forma bastante similar. Muitos são os fatores desse

aumento: crescimento populacional, mudanças nos padrões de consumo da população, modificações na indústria, entre outros. Fatores estes que influenciam diretamente os padrões de consumo energético. Este aumento do consumo de energia, por consequência, vem acompanhado de uma evolução nas emissões de CO₂ associadas à geração elétrica (WACHSMANN, 2005).

Este aumento do consumo energético demanda uma maior quantidade de fontes energéticas primárias para geração elétrica. Embora o setor elétrico brasileiro tenha emissões bem menores do que no restante do mundo, em 2015 a intensidade de carbono na geração elétrica brasileira foi de 139,6 kg de CO₂/MWh, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Ou seja, para cada kWh gerado emitiu-se quase 139,6 gramas de CO₂ para a atmosfera.

Com relação aos demais gases de efeito estufa, na matriz energética brasileira, ainda possuem métodos de medidas das emissões muito controversos. Entretanto, vários estudos mostram que apesar de algumas tecnologias de geração ser consideradas não poluentes, como as hidrelétricas, por exemplo, suas emissões quando considerados o seu ciclo de vida (planejamento, construção, operação e desativação), não são nulas.

A partir dos anos 1990, medições de emissões de gases de efeito estufa feitas em reservatórios de hidrelétricas indicaram que a atividade destas no total das emissões não deve ser desconsiderada. Os reservatórios podem emitir metano devido à decomposição anaeróbica da biomassa e gás carbônico, e que em algumas circunstâncias particulares, pode ser muito significativo. E o Brasil que dispõe, como já citado anteriormente, de 64% de sua oferta interna baseada em geração hidráulica, está muito sujeitado a essas consequências.

Avaliar com precisão os impactos ambientais, e mais especificamente as emissões de gases de efeito estufa na de geração de eletricidade, é um passo fundamental para a aposta e investimento em tecnologias realmente sustentáveis.

4.3 MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ

Para apresentar um descritivo da matriz energética paranaense recorreu-se ao relatório Balanços Energéticos Estaduais - 2016, ano base 2015, do Ministério de Minas e Energia (MME).

A Tabela 11 apresenta o Balanço Energético Simplificado do Paraná – ano 2015. Em 2015 o Paraná atingiu uma produção de 14.489 mil tep.

TABELA 11 - BALANÇO ENERGÉTICO SIMPLIFICADO DO PARANÁ – 10³ TEP

| OFERTA E DEMANDA | Petró- leo | Deriva- dos de Petró- leo | Gás Natural | Carvão Mine- ral | Deriva- dos de Carvão M ineral | Urânio | Hidro | Lenha e Carvão Vegetal | Produ- tos da Cana (a) | Etanol | Eletri- cidade | Eólica | Outras Não Renová- veis (b) | Outras Renó- váveis (c) | Total |
|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|------------------------|---|----------|---------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Produção | 247 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 8.088 | 2.229 | 2.896 | 0 | 0 | 2 | 10 | 961 | 14.489 |
| Comércio Externo (d) | 10.302 | -2.363 | 1.333 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 538 | -5.564 | 0 | 0 | 0 | 4.247 |
| Variação de Estoques | -55 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | -18 |
| Reinjeção (e) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oferta Interna de Energia | -10.495 | -2.332 | 1.333 | 55 | 0 | 0 | 8.088 | 2.229 | 2.896 | 543 | -5.564 | 2 | 10 | 962 | 18.718 |
| Indústria de Energia | -10.495 | 10.124 | -747 | -45 | 0 | 0 | -8.088 | -77 | -1.692 | 764 | 8.236 | -2 | 0 | -398 | -2.420 |
| Refinarias | -10.524 | 10.492 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -32 |
| Plantas de Gás | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coquerias | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Centrais Públicas EE | 0 | 0 | -405 | -45 | 0 | 0 | -8.028 | -8 | 0 | 0 | 8.252 | -2 | 0 | -3 | -238 |
| Autoprodutores de EE | 0 | -77 | -30 | 0 | 0 | 0 | -60 | -45 | -289 | 0 | 327 | 0 | 0 | -107 | -280 |
| Carvoarias | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -24 |
| Destilarias | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -774 | 770 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 |
| Outras Transformações (f) | 50 | 292 | -68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -289 | -14 |
| Perdas e Ajustes | -21 | -14 | -12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6 | -225 | 0 | 0 | 0 | -278 |
| Consumo Próprio | 0 | -569 | -234 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -629 | 0 | -119 | 0 | 0 | 0 | -1551 |
| Consumo Final de Energia | 0 | 7.792 | 585 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2.152 | 1.205 | 1.307 | 2.672 | 0 | 10 | 564 | 16.297 |
| Indústria | 0 | 687 | 497 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1490 | 1205 | 0 | 135 | 0 | 10 | 564 | 5.598 |
| Metalurgia | 0 | 4 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| Outras | 0 | 683 | 475 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1490 | 1205 | 0 | 1082 | 0 | 10 | 564 | 5.519 |
| Transporte | 0 | 5.079 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1296 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6.409 |
| Residencial | 0 | 420 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 463 | 0 | 0 | 605 | 0 | 0 | 0 | 1494 |
| Serviços | 0 | 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 722 | 0 | 0 | 0 | 809 |
| Agropecuário | 0 | 872 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 0 | 0 | 204 | 0 | 0 | 0 | 1257 |
| Usos Não Energéticos | 0 | 665 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 731 |
| Geração de Energia Elétrica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total - TWh | 0 | 150 | 2.662 | 81 | 0 | 0 | 94.051 | 318 | 1.644 | 0 | 0 | 21 | 260 | 614 | 99.801 |
| Centrais Públicas | 0 | 0 | 2.493 | 81 | 0 | 0 | 93.351 | 35 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 12 | 95.993 |
| Autoprodutores (g) | 0 | 149 | 169 | 0 | 0 | 0 | 700 | 283 | 1644 | 0 | 0 | 0 | 260 | 602 | 3.807 |

(a) Inclui bagaço, caldo e melão (b) Inclui gás de alto forno, de aciaria, de enxofre e de cidade (c) Inclui resíduos de madeira, lixívia, casca de arroz, biodiesel, biogás, outros (d) Se positivo=importação, e vice-versa (e) Inclui não aproveitada (f) Inclui Ciclo do Combustível Nuclear e outros centros (g) Outras não renováveis inclui gás de alto forno, de aciaria, de coqueria, de refinaria, de enxofre, de nafta e alcatrão

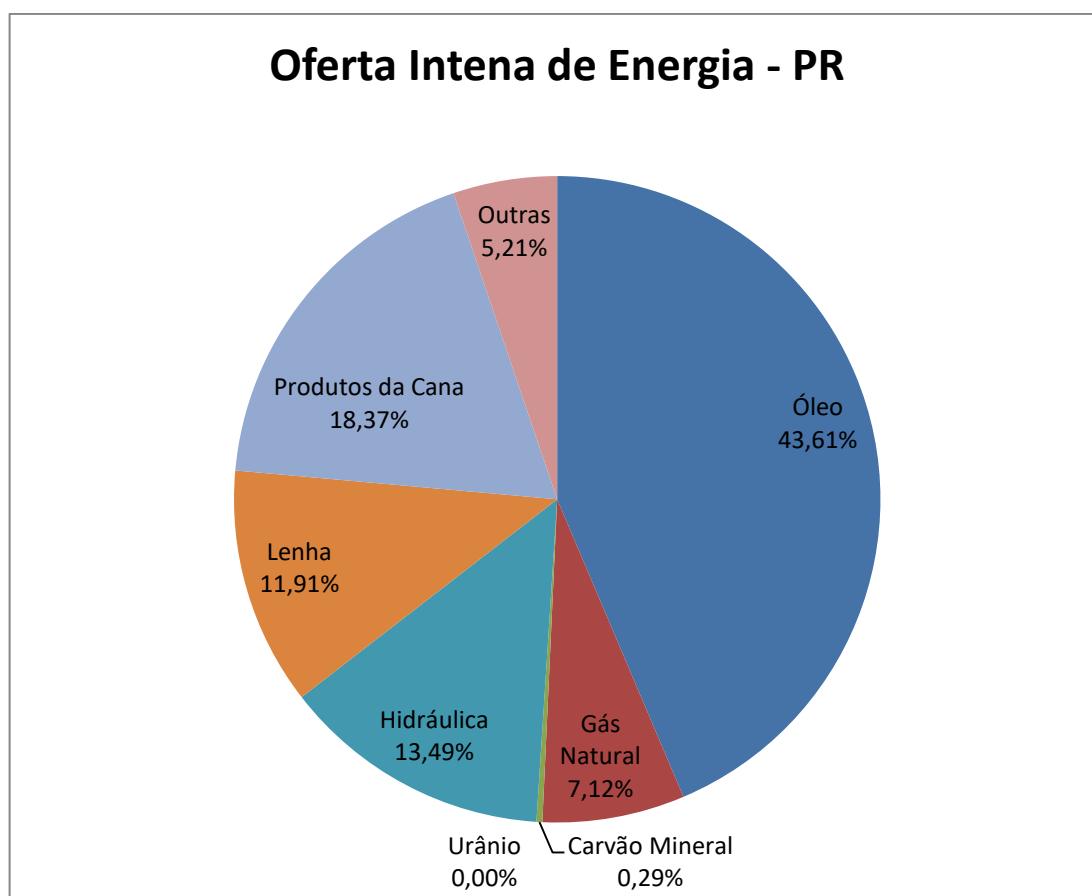
FONTE: Balanços Energéticos Estaduais, MME, Ano Base 2015 (2016).

Ainda, conforme a Tabela 11, em 2015 o consumo final de energia foi de 16.297 mil tEP.

Historicamente, a quantidade demandada é superior à quantidade ofertada de energia, sendo assim o estado do Paraná um importador líquido de energia. Em 2015 foi necessário comprar 4.247 mil tep.

Do total de oferta de energia no Paraná, verifica-se que 48,92% são de fontes de energia consideradas renováveis, sendo as principais: 18,37% biomassa de cana de açúcar e 13,49% hidráulica. Entre as fontes de energia não renováveis, num total de 51,08%, destaca-se: 43,61% petróleo e 7,12% gás natural. A Figura 9 resume graficamente esses dados.

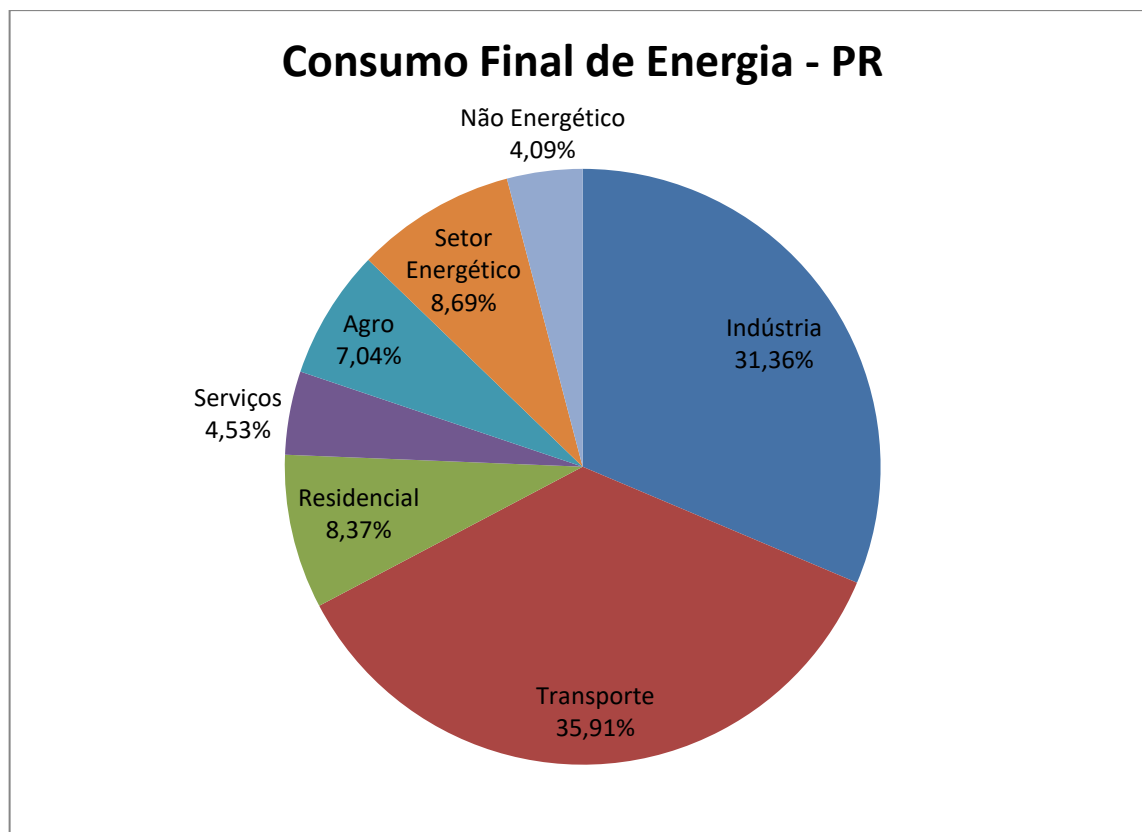
FIGURA 9 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA - PARANÁ



FONTE: Balanços Energéticos Estaduais, MME, Ano Base 2015 (2016).

Com relação ao consumo de energia, conforme Figura 10, a seguir, observa-se que o setor industrial utilizou 31,36% dessa energia, enquanto transportes 35,91%, residências 8,37%, setor energético 8,69%, agropecuária 7,04%, setor de serviços 4,53% e 4,09% restante é uso não energético. Ou seja, indústria, transporte e mobilidade correspondem a 67% do total de energia consumida no Paraná.

FIGURA 10 - CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SETOR – PARANÁ



FONTE: Balanços Energéticos Estaduais, MME, Ano Base 2015 (2016).

4.4 GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ

Voltando ao relatório Balanço Energético Nacional 2016, ano base 2015, da EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, com dados específicos para a região sul do Brasil, a Tabela 12 abaixo, apresenta a geração de eletricidade por fonte energética. Observa-se que no Paraná, a geração hidrelétrica representa 99,4% de toda a geração. Isso devido ao grande potencial hídrico do estado. Mesmo assim, o Paraná ainda necessita de geração térmica para suprir sua necessidade.

TABELA 12 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ – GWH

| ESTADO | GERAÇÃO TOTAL | HIDRO | EÓLICA | SOLAR | NUCLEAR | TERMO | BAGAÇO DE CANA | LENHA |
|----------------------|------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|----------------|-------------------|--------------|
| BRASIL | 581.486 | 359.743 | 21.626 | 59 | 14.734 | 185.325 | 34.163 | 2.180 |
| SUL | 166.970 | 145.242 | 3.841 | 7 | 0 | 17.879 | 1.495 | 962 |
| Paraná | 99.410 | 93.835 | 21 | 1 | 0 | 5.553 | 1.437 | 479 |
| Santa Catarina | 31.258 | 25.045 | 320 | 5 | 0 | 5.888 | 59 | 451 |
| Rio Grande do Sul | 36.302 | 26.363 | 3.499 | 2 | 0 | 6.438 | 0 | 32 |

FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

Na Tabela 13, a seguir, os dados atualizados do consumo de energia elétrica no Paraná.

TABELA 13 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ – GWH

| ESTADO | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| BRASIL | 85.810 | 90.881 | 95.585 | 101.779 | 107.215 | 111.971 | 117.646 | 124.896 | 132.049 | 131.315 |
| SUL | 14.069 | 14.984 | 15.454 | 16.354 | 17.121 | 17.740 | 18.690 | 19.671 | 21.283 | 20.353 |
| Paraná | 4.960 | 5.192 | 5.465 | 5.776 | 6.019 | 6.315 | 6.654 | 6.986 | 7.363 | 7.037 |
| Santa Catarina | 3.510 | 3.801 | 3.856 | 4.137 | 4.349 | 4.469 | 4.699 | 4.935 | 5.402 | 5.262 |
| Rio Grande do Sul | 5.599 | 5.991 | 6.134 | 6.441 | 5.753 | 6.956 | 7.336 | 7.750 | 8.518 | 8.055 |

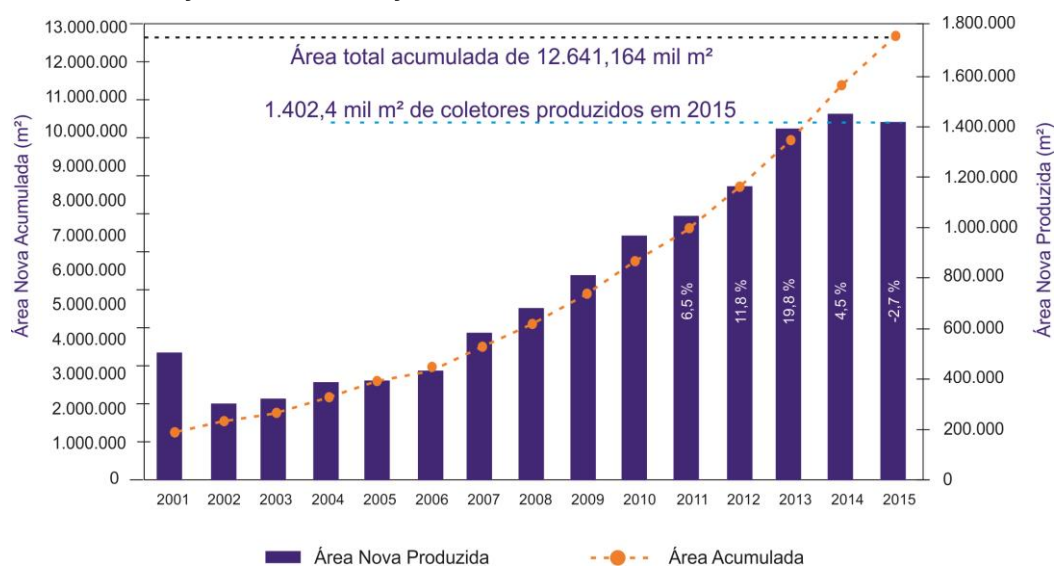
FONTE: Balanço Energético Nacional, EPE, Ano Base 2015 (2016).

4.5 AQUECIMENTO SOLAR NO BRASIL E REGIÃO SUL

Com base em dados da DASOL – Departamento Nacional de Energia Solar Térmica, da ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento), em seu relatório de 2016, com referência ao ano de 2015, foi produzido 7.968 GWh de energia, em 12,4 milhões de metros quadrados acumulados de área instalada. São cerca de 6 milhões de residências que já

dispõem do equipamento. A Figura 11 mostra a evolução de utilização dessa tecnologia.

FIGURA 11 - EVOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO AQUECIMENTO SOLAR NO BRASIL



FONTE: Relatório ABRAVA/DASOL (2016).

Uma vez que a maior parte do consumo de energia de uma casa é utilizada em sistemas de aquecimento de água, os 12 milhões de m² instalados, conforme Tabela 14, já promovem uma economia silenciosa, o que não aparece nos relatórios do Ministério das Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética.

TABELA 14 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE COLETORES SOLARES NO BRASIL

| ANO | ÁREA NOVA INSTALADA (m ²) | ÁREA ACUMULADA (m ²) | CRESCIMENTO SOBRE ANO ANTERIOR (%) | % DA ÁREA ACUMULADA INSTALADA |
|------|---|--|---|-------------------------------------|
| 2003 | 323.700 | 2.010.825 | - | - |
| 2004 | 389.100 | 2.399.925 | 7,3 | 19,2 |
| 2005 | 394.658 | 2.794.583 | 20,2 | 19,4 |
| 2006 | 434.331 | 3.228.914 | 1,4 | 16,4 |
| 2007 | 573.186 | 3.802.100 | 10,1 | 15,5 |
| 2008 | 671.156 | 4.473.256 | 32,0 | 17,7 |
| 2009 | 798.140 | 5.271.396 | 18,9 | 17,8 |
| 2010 | 966.681 | 6.238.077 | 21,1 | 18,3 |
| 2011 | 1.029.616 | 7.267.693 | 6,5 | 16,5 |
| 2012 | 1.151.363 | 8.419.056 | 11,8 | 15,8 |
| 2013 | 1.378.807 | 9.797.863 | 19,8 | 16,4 |
| 2014 | 1.440.870 | 11.238.733 | 4,5 | 14,7 |
| 2015 | 1.402.870 | 12.641.164 | -2,7 | 12,5 |

FONTE: Relatório ABRAVA/DASOL (2016).

Segundo os mesmos dados, a produção de coletores solares (abertos, fechados e de tubo a vácuo) aponta que, no Brasil em 2015, houve uma redução no ritmo de crescimento de 2,7% (em relação ao ano anterior), sendo produzidos 1.402.431 m². Isto aconteceu muito em função da crise econômica vigente no país. Porém, a área acumulada de coletores solares no Brasil continua crescendo e é de 12,64 milhões de m², como ilustrado na Tabela 15 a seguir.

O Relatório da ABRAVA/DASOL (2015) admite a média de volume dos reservatórios para dois segmentos distintos do mercado, ou seja, 200 litros para o mercado de Habitação de Interesse Social – HIS, e 500 litros para os outros nichos. Assim, tem-se a seguinte situação hipotética de crescimento, conforme tabela a seguir. Observa-se um crescimento muito grande em habitações de interesse social – baixa renda.

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE CRESCIMENTO DE RESERVATÓRIOS HIS E OUTROS

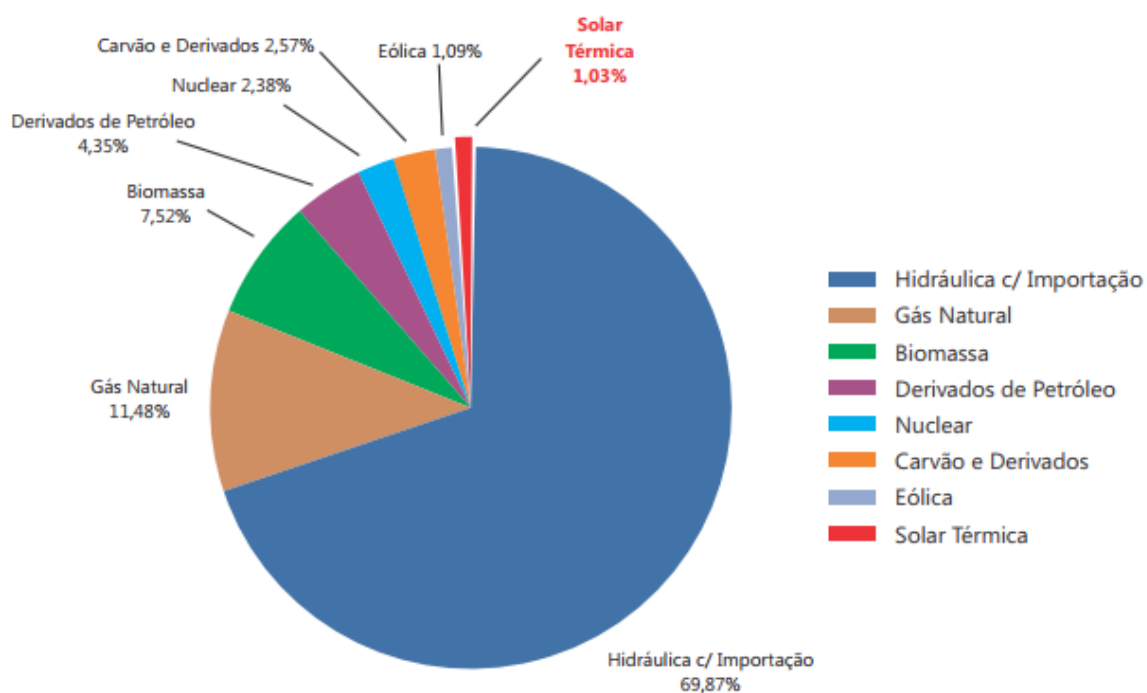
| ANO | TOTAL DE RESERVATÓRIOS | CRESCIMENTO NO MESMO PERÍODO | HABITAÇÕES INTERESSE SOCIAL | CRESCIMENTO MESMO PERÍODO | OUTROS (500 litros) | CRESCIMENTO MESMO PERÍODO. |
|------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2009 | 78.046 | - | 21.901 | - | 56.145 | - |
| 2010 | 122.876 | 57,44% | 54.079 | 146,92% | 68.797 | 22,53% |
| 2011 | 128.790 | 4,81% | 19.745 | -63,49% | 109.045 | 58,50% |
| 2012 | 168.825 | 31,09% | 57.378 | 190,59% | 111.447 | 2,20% |
| 2013 | 171.223 | 1,42% | 101.459 | 76,82% | 69.764 | -37,40% |
| 2014 | 269.207 | 57,20% | 174.664 | 72,15% | 94.543 | 35,52% |

FONTE: Relatório ABRAVA/DASOL (2015).

Como evidenciado na pesquisa da UNICAMP (Fantinelli, 2006) feita em Contagem (MG), há uma economia média de 35% no consumo de energia elétrica em famílias de baixa renda. Ainda, segundo a mesma pesquisa, há uma redução de aproximadamente 20% do salário mínimo da época. Essa economia se reverte em renda extra para essas famílias.

A partir dos recentes estudos da IEA - Agência Internacional de Energia e do DASOL - Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA, foi possível calcular-se a EEE - Energia Elétrica Equivalente dos sistemas solares térmicos já instalados. Nota-se que a participação da energia solar como fonte de aquecimento atinge a marca de 1,03% da matriz elétrica brasileira, vide Figura 12.

FIGURA 12 - MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA INCLUINDO ENERGIA SOLAR TÉRMICA



FONTE: Relatório ABRAVA/DASOL (2015).

Ainda, com dados da mesma pesquisa, em 2015, o segmento residencial teve destaque no mercado de aquecedores, com 54% do total, seguido pelos programas habitacionais de interesse social e comércio e serviço ambos com 20%, e pela indústria com 6% de participação. Quando se observa a distribuição por regiões, o Sudeste surge como a maior demanda por aquecedores solares com 61,08%, seguida pelo Sul com 15,75%, o Centro-oeste com 13,57%, a região Norte com 5,93% e Nordeste 3,68%, conforme Figura 13.

FIGURA 13 - VENDAS DE AQUECEDORES SOLARES POR REGIÃO EM 2015



FONTE: Relatório ABRAVA/DASOL (2015).

4.6 GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PARANÁ

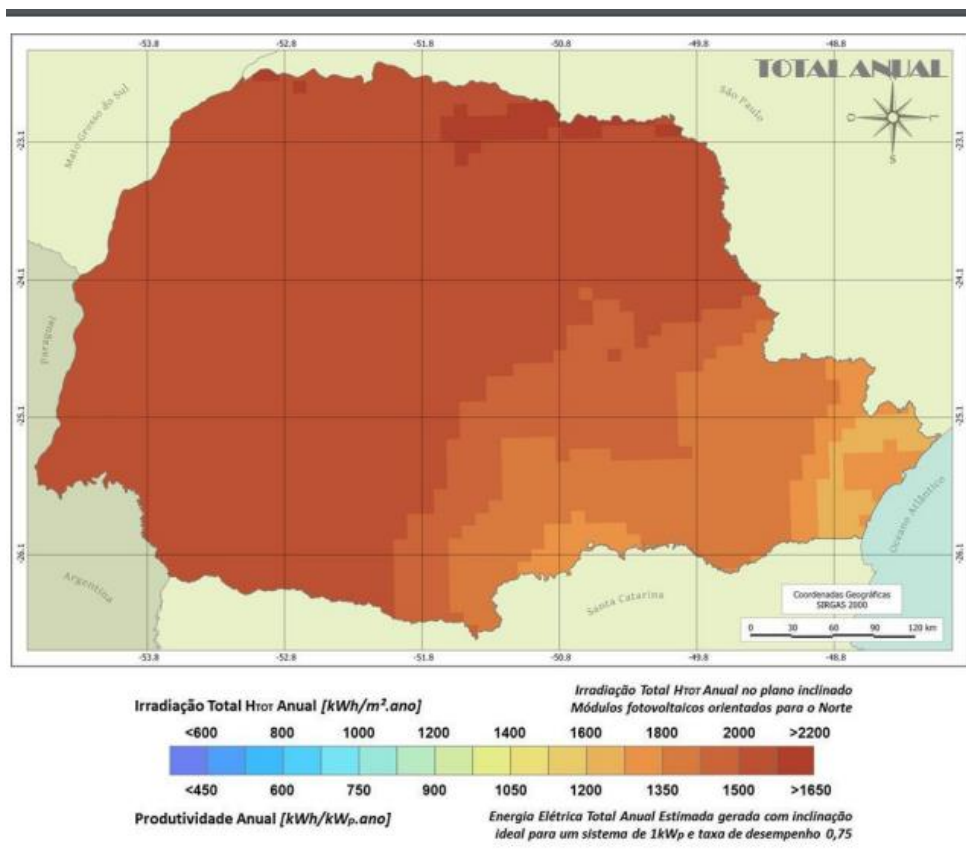
Dados sobre a irradiação solar no Brasil e no Paraná estão no Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2006. A maior irradiação solar do Brasil está na Bahia, perto da divisa com o Piauí. Já a menor irradiação solar do Brasil está no litoral norte de Santa Catarina. De qualquer forma, segundo o Atlas, os valores de irradiação solar global incidente em qualquer parte do território brasileiro são superiores aos dos países da Europa, onde a utilização da geração solar fotovoltaica já está em fase de consolidação.

Ainda, segundo o Atlas, a irradiação e a produtividade total anual, no Paraná apresentam os seguintes dados:

- A cidade com menor média anual é Matinhos com 1.687 kWh/m².ano e 1.265 kWh/kWp.ano;

- a cidade com maior média anual: Prado Ferreira com 2.107 kWh/m².ano e 1.580 kWh/kWp.ano;

FIGURA 14 - IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL



FONTE: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006).

De qualquer forma, quando comparadas com a irradiação anual média da Alemanha, que é de aproximadamente 1.250 kWh/m² ano, Matinhos apresenta-se 35% superior, mostrando que é possível o aproveitamento dessa forma de energia.

Conforme Tabela 16 a seguir, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL no Brasil já existem 12.353 sistemas de microgeração solar fotovoltaica, num total de 140.117,68 kW de potência instalada. No Paraná existem 994 sistemas de microgeração solar fotovoltaica, interligados às redes das concessionárias, num total de 7.643,01 kW de potência instalada.

TABELA 16 - SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS INSTALADOS NO BRASIL

| UF | Quant. | Quant. UC que recebem créditos | Pot. Instalada (kW) |
|----|--------|--------------------------------|---------------------|
| AC | 6 | 6 | 27,52 |
| AL | 53 | 65 | 704,31 |
| AM | 7 | 7 | 54,86 |
| BA | 279 | 329 | 2.603,69 |
| CE | 470 | 489 | 20.472,69 |
| DF | 207 | 217 | 1.707,37 |
| ES | 525 | 548 | 1.747,98 |
| GO | 223 | 254 | 3.423,73 |
| MA | 142 | 155 | 1.734,95 |
| MG | 2.635 | 3.166 | 29.533,50 |
| MS | 269 | 295 | 2.162,56 |
| MT | 195 | 208 | 6.853,76 |
| PA | 70 | 70 | 305,89 |
| PB | 98 | 135 | 715,54 |
| PE | 234 | 319 | 3.996,46 |
| PI | 23 | 23 | 507,8 |
| PR | 994 | 994 | 7.643,01 |
| RJ | 1.002 | 1.032 | 10.248,64 |
| RN | 209 | 209 | 2.637,03 |
| RO | 31 | 49 | 3.772,80 |
| RS | 1.392 | 1.592 | 14.799,93 |
| SC | 678 | 828 | 9.408,80 |
| SE | 41 | 45 | 284,22 |
| SP | 2.507 | 2.719 | 14.400,53 |
| TO | 62 | 68 | 370,11 |

FONTE: Aneel (2017).

Embora ainda pequena, a geração de energia solar começa a ser evidente no Paraná. Entre novembro de 2015 e novembro de 2016 o número de ligações de geradores solares à rede da Companhia Paranaense de Energia (Copel) registrou um aumento considerável, crescendo mais de 600% no período.

4.7 INCENTIVOS À ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO PARANÁ

A seguir, são listados vários benefícios destinados à geração de energia elétrica proveniente de fonte solar no âmbito do governo federal:

a) Programa Luz para Todos (LPT):

- instala painéis solares em comunidades que não têm acesso à energia elétrica, inclusive no Sistema Isolado;
- a Resolução Normativa nº 488, de 15 de maio de 2012, da Aneel, estabelece as condições para revisão dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica na área rural;
- a Resolução Normativa nº 493, de 5 de junho de 2012, da Aneel, estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI).

b) Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD):

- desconto de 80% na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW e que entrarem em operação até 31 de dezembro de 2017;
- o desconto passa a ser de 50% a partir do 11º ano de operação da usina solar e para empreendimentos que começarem a operar a partir de 1º de janeiro de 2018.

c) Venda Direta a Consumidores:

- permissão para que geradores de energia de fonte solar, e de outras fontes alternativas, com potência injetada inferior a 50.000 kW comercializem energia elétrica, sem intermediação

das distribuidoras, com consumidores especiais, com carga entre 500 kW e 3.000 kW;

- na aquisição da energia, os consumidores especiais são beneficiados com desconto na TUSD, o que estimula a substituição, como fornecedor da energia, da distribuidora pelo gerador da fonte alternativa.

d) Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuídas:

- instituído pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Aneel;
- garante que consumidores interessados em fornecer energia para a rede da distribuidora na qual estão conectados poderão fazê-lo, desde que obedecidos os procedimentos técnicos estabelecidos pela Aneel;
- os consumidores poderão abater a energia injetada daquela consumida, ou seja, somente pagarão para as distribuidoras a diferença entre o consumido e o injetado;
- esse sistema é denominado de net metering;
- os empreendimentos devem ter potência máxima de 1.000 kW (1 MW).

e) Convênio nº 101, de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ):

- isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as operações envolvendo vários equipamentos destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas e por empreendimentos eólicos;
- não abrange todos os equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores.

f) Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI):

- suspensão da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e da Contribuição para o Financiamento da

Seguridade Social (COFINS), no caso de venda ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, de materiais de construção e de serviços utilizados e destinados a obras de infraestrutura, entre as quais as usinas geradoras de energia solar, destinadas ao ativo imobilizado;

- o projeto deve ser aprovado pelo Ministério de Minas e Energia (MME);
- o benefício é válido por cinco anos, a contar da habilitação do titular do projeto.

g) Debêntures Incentivadas:

- isenção de Imposto de Renda dos rendimentos de pessoa física relacionados à emissão de debêntures por sociedade de propósito específico, dos certificados de recebíveis imobiliários e de cotas de emissão de fundo de investimento em direitos creditórios, relacionados à captação de recursos com vistas a implementar projetos de investimento na área de infraestrutura, ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação, considerados como prioritários na forma regulamentada pelo Poder Executivo;
- entre os projetos mencionados, estão aqueles destinados à geração de energia elétrica por fonte solar.

h) Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS):

- redução a zero das alíquotas de PIS/PASEP e COFINS incidentes na venda no mercado interno ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos, para incorporação ao ativo imobilizado da pessoa jurídica adquirente no mercado interno ou de importadora, e da contribuição de intervenção no domínio econômico incidente nas remessas destinadas ao exterior para pagamento de contratos relativos à exploração de patentes ou de uso de marcas e os de fornecimento de tecnologia e prestação de assistência técnica;

- até mesmo o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e o Imposto de Renda podem ser objeto de alíquota zero;
- por alcançar os semicondutores e a produção de células de filme fino, a geração de energia elétrica por fonte solar é beneficiada.

i) Lei da Informática:

- isenções tributárias para bens de informática e de automação;
- a produção de equipamentos destinados à geração de energia elétrica por fonte solar utiliza vários dos produtos alcançados pela chamada Lei de Informática.

j) Redução de Imposto de Renda:

- projetos de setores prioritários implantados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) tem redução de imposto de renda;
- o setor de energia é um dos setores prioritários;
- a Sudene e a Sudam abrangem as principais regiões brasileiras em termos de radiação solar.

k) Condições Diferenciadas de Financiamento:

k.1) Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES):

- hidrelétricas, geração a partir de biomassa, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras fontes alternativas podem obter financiamento, com taxa de juros abaixo das praticadas pelo mercado e prazo de amortização de até 20 anos;
- para o Leilão de Energia de Reserva de 2014 (LER 2014), foram oferecidas condições especiais para a fonte solar.

k.2) Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO):

- operado pelo BNDES;
- financia intervenções que comprovadamente contribuam para a economia de energia, aumentem a eficiência global do sistema

energético ou promovam a substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis.

k.3) Fundo Clima:

- vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), disponibiliza recursos, inclusive não reembolsáveis, para financiar projetos, estudos e empreendimentos que visem à redução dos impactos da mudança do clima e à adaptação a seus efeitos, o que inclui projetos de energia solar.

k.4) Inova Energia:

- condições diferenciadas, e até subvenção, para financiar iniciativas de inovação;
- interessados podem obter recursos para prover soluções tecnológicas relacionadas à geração fotovoltaica ou termossolar, entre outras fontes de geração;
- engloba o desenvolvimento de tecnologias para a produção de silício purificado em grau solar, lâminas de silício, células fotovoltaicas de silício, o desenvolvimento de tecnologias para produção de células fotovoltaicas de filmes finos e o desenvolvimento de tecnologias e soluções para produção de inversores e equipamentos aplicados a sistemas fotovoltaicos;

k.5) da Caixa Econômica Federal (CEF):

- em 2014, foram incluídos aerogeradores e equipamentos de energia fotovoltaica como itens financiáveis através do Construcard;
- a pessoa física pode adquirir os equipamentos de microgeração e quitar o financiamento em até 240 meses, a uma taxa de juros mensal que varia de 1,4% + Taxa Referencial (TR) a 2,33% + TR.

l) Pesquisa e Desenvolvimento (P&D):

l.1) Chamada de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Estratégico 013/2011:

- arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira;

- foram apresentados 18 projetos, 17 aprovados, correspondentes a 24,578 MWp (ou 24.578 kWp), que deverão custar R\$ 395 milhões;
- conforme EPE (2014), o projeto envolve diretamente, 96 empresas, 62 instituições e 584 pesquisadores nos projetos. em três anos.

I.2) Laboratório de Energia Fotovoltaica Richard Louis Anderson:

- inaugurado, em agosto de 2014, em Campinas;
- voltado à pesquisa e desenvolvimento de módulos fotovoltaicos customizados;
- segundo EPE (2014), deve ajudar a disseminação do conceito de edifícios integrados e na difusão da microgeração fotovoltaica.

I.3) Fundo Solar:

- lançado em 2013 pelo Instituto Ideal e pelo Grüner Strom Label (Selo de Eletricidade Verde da Alemanha);
- oferece apoio financeiro no valor de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00 por projeto de microgeração fotovoltaica conectado à rede;

Entranto, no âmbito do governo estadual a realidade é bem diferente. São pouquíssimos os projetos de lei, leis efetivas e regulamentações destinadas à utilização da energia solar. Dessa forma, se quase não existem leis, tão pouco existem programas de incentivo a respeito. A seguir, o que existe relacionado ao tema:

- Lei 15569 - 20 de Julho de 2007 - Cria no âmbito do Estado do Paraná, programa de incentivo a implantação de Aquecedores Solares de Água. O Programa de Incentivo é direcionado à instalação e utilização de sistemas de aquecimento solar de água em propriedades públicas e privadas. O texto da lei indica Poder Executivo regulamentará o programa, porém o que se observa é que nenhum programa efetivamente foi desenvolvido.
- Lei 17.084 - 13 de Março de 2012 - Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar e aproveitamento de águas de chuva na construção de prédios públicos,

bem como sobre a utilização de telhados ambientalmente corretos. É obrigatória, quando da construção de prédios públicos por parte da Administração Pública do Estado do Paraná, a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar e aproveitamento de águas de chuva a serem consumidas nas edificações, bem como a utilização de telhados ambientalmente corretos.

- Projeto de Lei 378/2015 - Institui benefícios para incentivar o aproveitamento de energia elétrica produzida por microgeradores e minigeradores. Institui benefícios fiscais sobre as operações relativas à circulação de mercadorias (ICMS). Também adesão ao convênio CONFAZ – para que o ICMS incida apenas sobre a diferença entre a energia gerada e a energia utilizada da concessionária. Este projeto de lei já passou por todas as comissões (finanças, constituição e justiça, ecologia e meio ambiente), audiências públicas que se fizeram necessárias, tendo sido aprovado em todas elas. Porém, desde junho de 2016 está aguardando entrar na pauta da Assembleia Legislativa do Paraná para votação. Enquanto isso não ocorre, o Paraná é um dos três estados, juntamente com Santa Catarina e Amazonas, que não isentam de ICMS a microgeração de energia solar fotovoltaica.
- Portaria IAP Nº 19 DE 06/02/2017 - Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar em superfície terrestre, assim compreendidos os sistemas que utilizem para a produção de energia elétrica qualquer dos seguintes sistemas: heliotérmico em que a irradiação é convertida primeiramente em energia térmica e posteriormente em elétrica e/ou fotovoltaica em que a irradiação solar é convertida diretamente em energia elétrica, e dá outras providências. Estabelece, ainda, que para cada tipo de potência de geração, haverá um tipo de licenciamento (Licenciamento Ambiental Simplificado; Dispensa de Licenciamento Ambiental; Licença Prévia, Instalação e Operação) e de estudos obrigatórios (Memorial Descritivo, RAS ou EIA/RIMA). Por fim, determina que para os casos em que houver supressão de vegetação para a instalação do empreendimento, o órgão ambiental poderá exigir outros estudos ambientais específicos,

dependendo do estágio da supressão da vegetação e/ou movimentação de solo.

4.7.1 O modelo alemão para as energias renováveis

A forma como a Alemanha desenvolveu sua política para as energias renováveis tem algumas motivações. Inicialmente, uma mudança de postura que ocorreu já na década de 70. Ao contrário dos demais países, a Alemanha resolveu responder à crise do petróleo, da época, com o investimento em outras formas de energia. Para isso, investiu em pesquisa neste setor e o resultado de décadas de estudos levou o país à liderança neste tipo de tecnologia (HEINLOTH, 1990).

Percebeu-se que o custo de instalação de painéis fotovoltaicos é bem mais baixo que a construção de usinas convencionais. Além disso, o preço dos painéis solares vem caindo e em 2014 já era menos da metade do que em 2006.

Mas, a principal motivação para essa “transformação energética” desenvolvida pela Alemanha tem um componente essencial, que é sua população. O governo lançou no início dos anos 90 uma meta reduzir em até 95% o nível de emissão de CO₂ na atmosfera até 2050. E a população faz pressão para que os governos, atual e futuros, cumpram esse compromisso. Há, então, uma questão de educação envolvida. Em geral, os alemães reconhecem a possibilidade de um acidente nuclear ocorrer na Alemanha, assim como, gostariam de contribuir para reduzir as mudanças climáticas (ENVIRONMENTAL, 2005).

Segundo o órgão oficial da Comunidade Europeia para energias renováveis (RES-Legal, 2015), não menos importante, os subsídios oferecidos pelo governo através da “Lei das Energias Renováveis” conhecida como EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz), foi criado um esquema de remuneração para quem instalar painéis solares fotovoltaicos ou pequenas plantas de CHP (Combined Heat and Power), cogeração que consiste em combinar a geração de energia elétrica com o aproveitamento da energia térmica, com potencial de até 100 kWp.

Pela EEG, todo cidadão pode montar uma pequena central de energia de fontes renováveis, que é ligada à rede elétrica. As operadoras do país são obrigadas a comprar o que for produzido em excedente, pagando tarifas preestabelecidas, que valem por vinte anos. Os valores variam de acordo com o tipo de energia, sendo mais altos para as fontes que custam mais e que precisam ser mais desenvolvidas,

como a solar fotovoltaica. A diferença de preço é repassada para os consumidores, que têm um pequeno aumento na conta de luz. Assim, o custo-benefício da instalação da tecnologia para esse tipo de energia torna-se muito interessante. Ou seja, o cidadão que instalar um sistema em casa, poderá não somente produzir sua própria energia, como também vender o excedente, alimentando o sistema com a carga extra.

Mas há críticas, também, a esse sistema. Segundo o Market Report Series – International Energy Agency – IEA, em 2013, o número de instalações fotovoltaicas caiu pela primeira vez, com a mudança na política de incentivos do governo. Desde 2000, o cidadão que instalasse painéis solares em casa tinha a garantia de vender a energia gerada ao sistema por um preço mais alto que a média do mercado. Esse "bônus" é pago pelos consumidores finais na forma de uma sobretaxa, destinada a subsidiar o desenvolvimento da energia renovável como um todo. O setor industrial ficou, em grande parte, isento desse custo extra, de forma a evitar a perda de competitividade da indústria alemã. Com a mudança, os incentivos foram reduzidos, tornando a energia renovável menos atraente.

4.8 CUSTOS PARA AQUISIÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR

Para e analisar o aproveitamento da energia solar há que se avaliar cada tecnologia existente. O aproveitamento solar para aquecimento é uma tecnologia já consolidada e, portanto, com custos bem mais acessíveis. Enquanto o aproveitamento solar para geração de energia elétrica é uma tecnologia bem mais recente, onde o custo vem caindo ao longo da última década.

4.8.1 Sistemas de Aquecimento Solar

A utilização de equipamentos de aquecimento de água para banho com base na energia solar iniciou-se em torno da substituição de outras fontes energéticas, principalmente do gás na década de 70 e em seguida dos chuveiros elétricos, para atender à necessidade de eficiência energética. Sempre houve a necessidade de deslocar a demanda elétrica do horário de ponta e melhorar a distribuição da carga das concessionárias de energia elétrica.

O marco regulatório do mercado de sistemas e equipamentos de aquecimento de água para banho com energia solar, no Brasil, foi a inclusão desses equipamentos e sistemas no Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, em 1997, quando os equipamentos solares de aquecimento de água passaram a receber a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE e o selo de eficiência energética do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

O consumidor desse tipo de equipamento está sujeito à regulamentação de padrões de ensaio, desempenho, determinando que tipo de tecnologia possa ser utilizado para sua fabricação. Também, as populações de baixa renda domiciliadas em habitações populares podem acessar essa tecnologia de aquecimento solar através de programas públicos de eficiência energética desde que utilizem equipamentos etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem e pelo PROCEL.

Assim, a energia solar térmica já é competitiva, sendo uma das formas mais baratas de produção de energia disponível no Brasil. Do ponto de vista de investimento, um equipamento composto de coletor solar de 2m² e reservatório térmico solar de 200 litros, compatível com uma residência de família de classe média com 4 pessoas, tem valor já instalado de cerca de R\$ 1.750,00 (ABRAVA, 2014). Para o consumidor final, esse investimento é compensado mensalmente pela economia na conta de energia elétrica, sendo inteiramente amortizado em período aproximado de dois anos.

A pesquisa atualizada da ABRAVA apresenta, para o ano de 2017, pouca variação no preço dos aquecedores solares. O mesmo equipamento composto de coletor solar de 2m² e reservatório térmico solar de 200 litros custa R\$ 1690,00 em média.

O Programa Minha Casa Minha Vida, programa do governo federal que subsidia a aquisição de moradias por famílias de baixa renda, incentiva o uso dos aquecedores solares. Na primeira fase do programa os mutuários tinham a opção de escolha entre adquirir um imóvel com ou sem a tecnologia. Já na segunda fase, o item se tornou obrigatório nas moradias destinadas a famílias com renda de até R\$1.600,00.

Existem algumas linhas de fomento para aquisição de equipamentos para aquecimento solar:

- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) - recomendado para linhas de financiamento de valores mais altos, aplicado para empresas, essa modalidade tem condições especiais como manter o custo financeiro tendo como referência a taxa de juros de longo prazo.
- Construcard - financiamento com taxas de juros que se equiparam às do crédito consignado. O valor de financiamento varia de acordo com a renda de quem vai requerer o valor, sendo o mínimo de mil reais.
- Linhas de crédito bancárias – alguns bancos privados também oferecem condições bastante atrativas para aquisição do aquecedor solar de água. Em algumas instituições, por exemplo, é possível estender o prazo para pagamento em até 48 meses.
- Consórcio - Há algumas instituições privadas que oferecem essa possibilidade. Existem planos de 60 a 120 meses, que facilitam a compra de equipamentos ecoeficientes.

4.8.2 Sistemas de microgeração solar fotovoltaica

Os sistemas fotovoltaicos têm experimentado um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos. Até o início do terceiro milênio, a tecnologia era utilizada majoritariamente em sistemas isolados, enquanto atualmente mais de 95% são sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR). Este grande crescimento foi fruto de programas de incentivos à fonte, promovidos por países como Alemanha, Austrália, China, Espanha, EUA, entre outros. Os preços seguiram caminho inverso, caindo significativamente conforme a capacidade instalada aumentava, como reflexo da curva de aprendizagem e dos ganhos de escala.

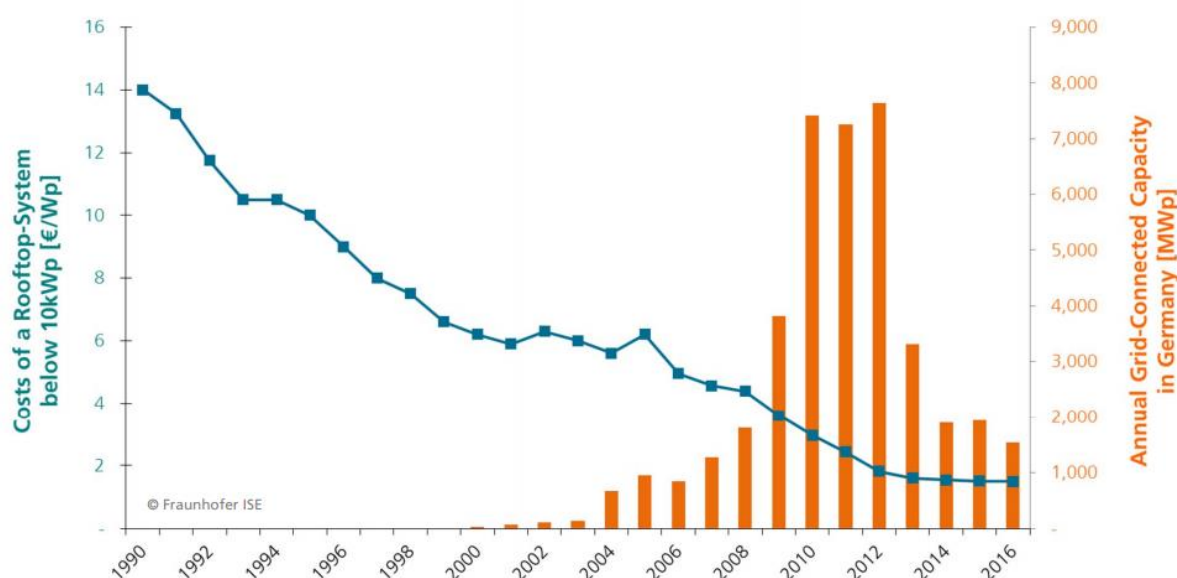
O custo de investimento em sistemas fotovoltaicos pode ser decomposto em três itens principais: os painéis fotovoltaicos, o inversor de linha e acessórios, que engloba as estruturas mecânicas de sustentação, equipamentos elétricos auxiliares, cabos e conexões e a engenharia necessária para a adequação dos componentes do sistema, assim como custos gerais de instalação e montagem.

Devido principalmente ao declínio do preço dos painéis, o preço do conjunto de geração fotovoltaica tem se reduzido acentuadamente. O preço de sistemas fotovoltaicos de até 10 kWp na Alemanha, instalados em telhados, reduziu-se em

2016, a menos de €2,0/Wp, conforme Figura 15, que mostra a evolução decrescente de preços ao longo de 25 anos.

A partir de informações do Grupo Setorial Fotovoltaico da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, os preços de sistemas abaixo de 10kWp, já instalados, estão na ordem de R\$ 7,50 /Wp. Ou seja, um sistema de 4,0 kWp, custa na base de R\$ 30.000,00, acrescidos os impostos. O tempo médio de amortização desse tipo de investimento é de 5 a 7 anos, dependendo das condições de insolação do local, custo da energia, entre outros fatores.

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - ALEMANHA



FONTE: BSW-Solar, BNA. Graph: PSE AG (2017).

Na mesma direção de decréscimo dos preços, o governo federal já assinou portaria necessária para implementar a energia solar fotovoltaica nas residências do Programa Minha Casa, Minha Vida. A partir de um estudo desenvolvido pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - Absolar, em parceria com Furnas e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), este tipo de sistema já estará disponível para aquisição conjunta com a moradia em 2018. Dessa forma a popularização desses sistemas será bastante evidente.

Alguns agentes econômicos já vislumbraram o potencial da microgeração de energia por fonte solar. Existem algumas linhas de fomento para aquisição de equipamentos de geração fotovoltaica operando no Brasil:

- Construcard - Federal passou a aceitar projetos de energia solar em sua linha de crédito Construcard, destinada para a compra de material de construção. O projeto pode ser parcelado em até 240 vezes. O financiamento está disponível para pessoas físicas e jurídicas.
- Linhas de Crédito Bancárias – alguns bancos privados disponibilizam crédito para a instalação de sistemas fotovoltaicos com um parcelamento de até 60 vezes. Disponível para pessoas física e jurídica (correntistas e não correntistas), a taxa de juros varia de acordo com os valores, prazos e demais condições escolhidas pelo beneficiado.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES – linha de crédito direcionada para grandes projetos de energia solar. O investidor é obrigado a ter uma participação mínima nos custos com possibilidade de emissão de debêntures (título de crédito representativo de empréstimo que uma companhia faz junto a terceiros).
- Banco do Nordeste - linha de financiamento específica para projetos de micro e minigeração de energia solar. O FNE Sol está disponível para empresas, produtores rurais, cooperativas e associações dos estados nordestinos, além do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo.
- Desenvolve SP - com o intuito de reduzir 20% das emissões de CO₂ de São Paulo até 2020, o governo estadual criou a Linha de Financiamento “Economia Verde”, que inclui o financiamento de sistemas fotovoltaicos, voltado para pequenas e médias empresas da região.
- Pronaf - linha de financiamento governamental “Mais Alimentos”, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. Voltada para pequenos agricultores, a linha inclui o financiamento de sistemas fotovoltaicos de até R\$ 300 mil.
- Programa Agro Energia – linha de financiamento para energias renováveis com o objetivo fazer frente à compra de geradores à diesel no meio rural.

4.9 ESTUDO DE CASO PARA AQUECIMENTO SOLAR

Para compor este estudo de caso, foi escolhido o conjunto habitacional denominado de Moradias Nilo, estabelecido na cidade de Curitiba / PR, no bairro Alto Boqueirão. Nesta localidade foram implantadas 66 unidades habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida em parceria com a COHAB – Companhia de Habitação Popular de Curitiba. O conjunto habitacional foi destinado para famílias que estavam em situação de risco na Vila Nova, uma ocupação irregular localizada ao lado do atual conjunto. São famílias que viviam em condições precárias e num local impróprio para moradia.

FIGURA 16 - VISTA AÉREA DO CONJUNTO MORADIAS NILO



FONTE: Google Maps (2017).

Os fatores que influenciaram na escolha dessas residências foram: (a) o conhecimento prévio deste conjunto habitacional pelo autor da pesquisa; (b) a delimitação espacial do conjunto habitacional com uma quantidade relativamente grade de aquecedores solares, o que facilitou a operacionalização da pesquisa; (c) a inexistência de base de dados sobre proprietários de sistemas de aquecimento solar.

O estudo compreendeu uma avaliação pós ocupacional a fim de se observar que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar exerce no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores dessas instalações.

FIGURA 17 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 1



FONTE: Autor (2017).

FIGURA 18 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 2



FONTE: Autor (2017).

FIGURA 19 - MORADIAS NILO – ALTO BOQUEIRÃO – CTBA/PR – FOTO 3



FONTE: Autor (2017).

Nessas unidades habitacionais foi aplicado um questionário em 40 residências, conforme Anexo 1, a fim de entender se houve economia financeira após a implantação da tecnologia e por conseguinte, melhoria na renda dessas famílias. Também, se o sistema está adequado ao uso dessa população. Além

disso, observar qual a percepção ambiental e se houve algum tipo de formação ambiental para essa população.

O questionário foi elaborado com quatro tópicos: caracterização socioeconômica, adequação ao uso do aquecedor solar, economia de energia e financeira e, por fim, percepção ambiental. Nele existem campos para opiniões e justificativas dos participantes.

No primeiro tópico foram coletadas informações acerca das características sócioeconômicas das famílias residentes, compreendendo os seguintes itens: sexo do respondente, tempo de moradia, renda familiar, grau de escolaridade, número de pessoas na habitação e ocupação do chefe da família.

No segundo tópico buscou-se entender se o sistema de aquecimento de água utilizado estava adequado ao uso das famílias, investigando se estes sabiam utilizá-lo, se houve algum treinamento quanto ao uso e se o funcionamento é bom. Ainda verificando se na moradia anterior havia chuveiro e qual era o tipo e se o aquecedor solar proporciona um banho confortável. Por fim, neste tópico, investigar quanto tempo demora um banho do entrevistado e quanto tempo é utilizado o aquecedor solar por dia, somando-se o tempo de uso de todos os moradores daquela residência.

No terceiro tópico foram feitos questionamentos a fim de estimar a economia de energia e financeira gerada pelo aquecedor solar. Procurando entender primeiramente se a moradia anterior estava conectada à rede de energia elétrica da concessionária. Depois, o quanto gastava anteriormente com energia elétrica e ainda, se recordava quanto era o consumo anterior em kWh. Por fim, neste tópico, foi perguntado se o aquecedor solar já havia necessitado de manutenção e quem praticou o conserto.

No último tópico foi abordada a questão da percepção ambiental, perguntando se foi explicado a eles porque as residências eram providas de aquecedor solar. Questionando, também, se eles consideravam importante para o meio ambiente esse tipo de tecnologia. Perguntando ainda se eles consideram o meio ambiente importante e onde foi essa aprendizagem. Por fim, solicitando que enumerassem a ordem de importância do aquecedor solar quanto a conforto, financeira, ambiental ou outra.

Com essa abordagem sobre os quatro aspectos – social, cultural, econômico e ambiental – tem-se um quadro geral do ponto de vista dos moradores sobre a incorporação do sistema de aquecimento solar de água em suas residências.

Os dados referentes ao estudo de caso foram coletados entre os meses de setembro e outubro de 2017, por meio de visitas às residências do conjunto habitacional para aplicação dos questionários e observações em campo. Após a aplicação dos questionários foram iniciadas as tabulações e as análises dos dados.

4.9.1 Tratamento e Análise de Dados

No estudo de caso em questão, a combinação de metodologias diferentes, quantitativa e qualitativa, favorece o aprimoramento da pesquisa. Dessa forma, a utilização das duas abordagens permite uma complementariedade na análise do objeto de estudo. O Autor Pedro Demo afirma que a “realidade social é natural, ou seja, objetivamente dada e, em parte, é fenômeno próprio, ou seja, subjetivamente construído pelo ator político humano”, não entende haver dicotomia entre a abordagem qualitativa e a quantitativa. Ambas complementam o entendimento que o sujeito tem do objeto estudado (DEMO, 1995).

Os dados levantados por meio das entrevistas foram tabulados em uma planilha e a partir daí foram elaborados gráficos ilustrativos. Estes foram analisados de forma a caracterizar o perfil das famílias residentes no conjunto Moradias Nilo avaliado neste estudo. Parte das questões foi analisada estatisticamente pelo método de Análise Exploratória de Dados, observando as frequências absolutas e percentuais. Tal técnica se mostra adequada para mensurar e compreender a característica socioeconômica dessa população, a adequação ao uso da tecnologia e a economia de energia e financeira.

No tratamento dos dados qualitativos foi utilizado o método de análise de conteúdo, que tem por objetivo a compreensão crítica das comunicações, tanto em seu conteúdo explícito quanto implícito. Essa técnica admite observar algumas características particulares ao passar dos elementos descritivos à interpretação. Este tipo de investigação foi utilizado para agregar a análise dos dados quantitativos.

4.9.2 Resultados e Discussão

Este subcapítulo apresenta os resultados da investigação realizada em campo e aborda os seguintes tópicos: caracterização socioeconômica da população investigada; adequação quanto ao uso do aquecimento solar; economia de energia e financeira e percepção ambiental. Conforme apresentado na metodologia, todos estes tópicos foram levantados por meio de entrevistas estruturadas.

Conforme ilustrado na Tabela 17, a seguir, 55,0% dos questionários foram respondidos por mulheres e 45,0% por homens. Nestas respostas, 17,5% estão morando há dois anos nessa residência, enquanto 65,0% estão morando há dois anos e meio e 17,5% há três anos.

Com relação à renda familiar, 25,0% das famílias recebem até um salário mínimo vigente no Brasil, 70,0% das famílias percebem de um a três salários mínimos e apenas 5% recebem mais de três salários mínimos.

Observando a escolaridade dessa população respondente, verifica-se que 0% é analfabeto, 37,5% tem o ensino fundamental I, antiga 4ª. série, 47,5% tem o ensino fundamental completo, apenas 15% tem o ensino médio completo e 0% tem formação superior.

Ainda observando aspectos socioeconômicos, com relação ao número de pessoas moradoras em cada habitação, 0% tem apenas um habitante, 7,0% tem duas pessoas em cada habitação, 46,5% tem três habitantes, 32,6% do universo pesquisado contemplam quatro moradores em cada habitação e apenas 13,9% com cinco moradores em cada casa. Não se constatou casos de seis ou mais moradores em uma única habitação.

TABELA 17 - CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA PARA AQUECIMENTO SOLAR

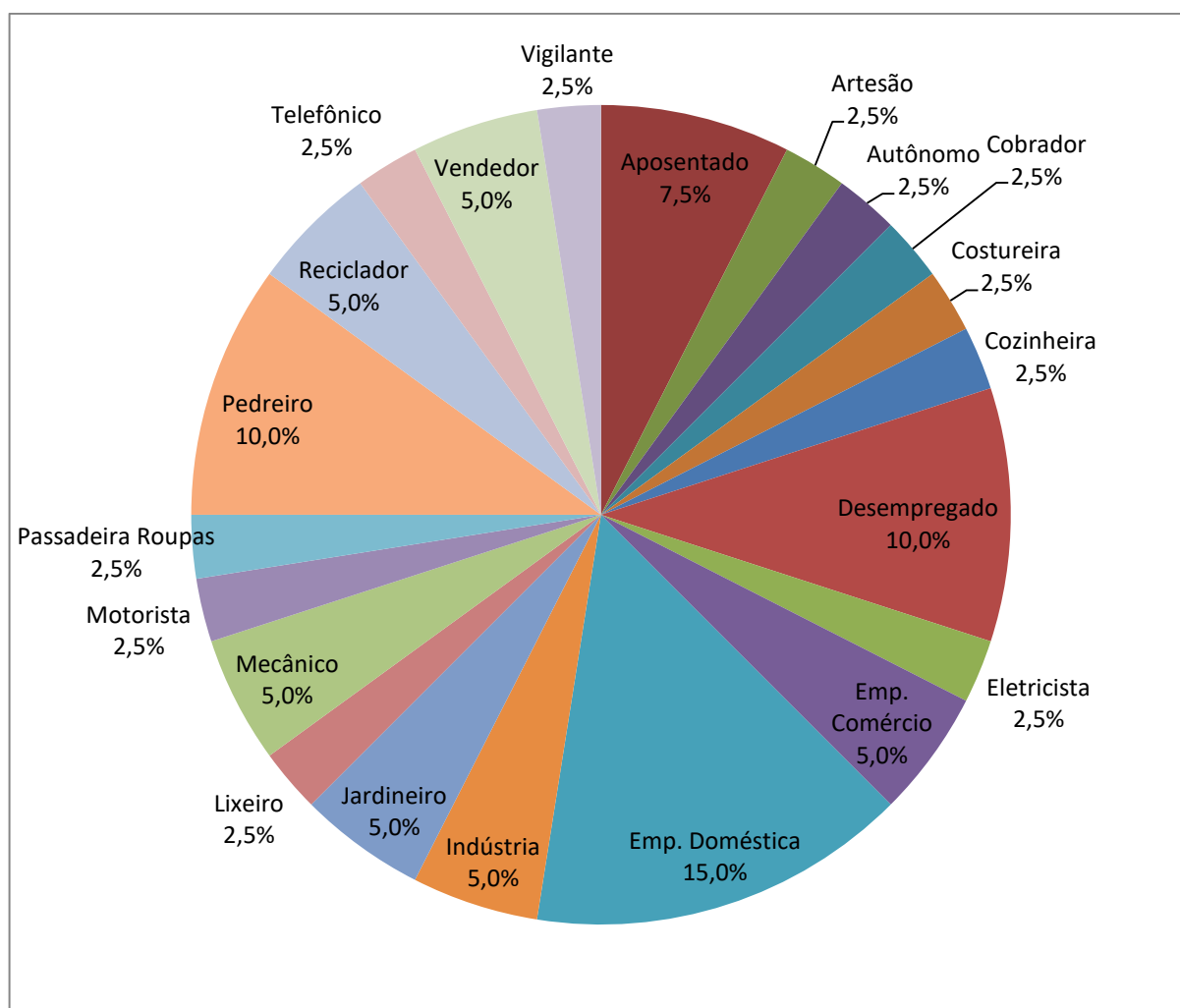
| Categoria | Subcategoria | Freq. Absoluta | % |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 1) Gênero | Masculino | 22 | 55,00% |
| | Feminino | 18 | 45,00% |
| | Total | 40 | 100,00% |
| 2) Tempo de Moradia | 2,0 anos | 7 | 17,50% |
| | 2,5 anos | 26 | 65,00% |
| | 3,0 anos | 7 | 17,50% |
| | Total | 40 | 100,00% |

| | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------|----------------|
| 3) Renda Familiar | até 1 S.M. | 10 | 25,00% |
| | 1 a 3 S.M. | 28 | 70,00% |
| | Mais de 3 S.M. | 2 | 5,00% |
| | Total | 40 | 100,00% |
| 4) Escolaridade | Analfabeto | 0 | 0,00% |
| | até 4a. Série | 15 | 37,50% |
| | Ensino Fundamental | 19 | 47,50% |
| | Ensino Médio | 6 | 15,00% |
| | 3o. Grau | 0 | 0,00% |
| | Total | 40 | 100,00% |
| 5) No. pessoas na hab. | Uma | 0 | 0,00% |
| | Duas | 3 | 6,98% |
| | Três | 20 | 46,51% |
| | Quatro | 14 | 32,56% |
| | Cinco | 6 | 13,95% |
| | Seis | 0 | 0,00% |
| | Total | 43 | 100,00% |

FONTE: Resultados da Pesquisa

Finalizando a caracterização socioeconômica, conforme ilustra a Figura 20, há uma grande distribuição de tipos de ocupação do chefe dessas famílias, especialmente por se tratar de área urbana. Destaques especiais para 15,0% que figuraram como empregados domésticos, 10,0% de pedreiros e 7,5% de aposentados. Outro detalhe, nesta população se apresentou 10,0% de desempregados, refletindo a situação econômica atual do país.

FIGURA 20 - OCUPAÇÃO DO CHEFE DA FAMÍLIA – MORADIAS NILO



FONTE: Resultados da Pesquisa

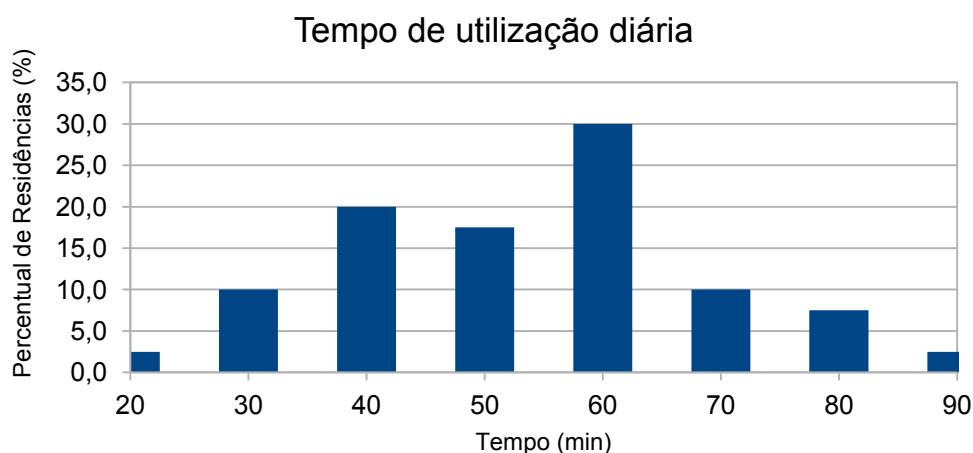
Quanto à adaptação ao uso do aquecimento solar, como se trata de aspectos de incorporação de tecnologia, foi proposto verificar se os respondentes sabem utilizar o equipamento. Em 100% dos casos, as respostas foram que sim, pois a construtora fez esse treinamento no momento de entrega das residências.

Foi questionado se o equipamento funciona bem. Em 100% dos casos a resposta foi que sim. Em uma única resposta, houve certo desconforto, citando que a água esquentava demasiadamente.

Também neste tópico, foi questionado se na moradia anterior havia chuveiro: em 100% dos casos a resposta foi sim e do tipo elétrico. Quando perguntado sobre qual era mais confortável, todos apontaram como sendo que o aquecedor solar, pois permite um banho mais agradável.

Ainda, foi perguntado ao respondente da pesquisa qual a sua percepção quanto ao tempo total diário de uso de equipamento de banho. Conforme ilustrado na Figura 21, apresenta-se um gráfico de frequência estatística do tempo de utilização. A média de uso diário por residência, segundo a percepção dos moradores é de 54,2 minutos.

FIGURA 21 - FREQUÊNCIA ESTATÍSTICA DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO POR RESIDÊNCIA – NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES

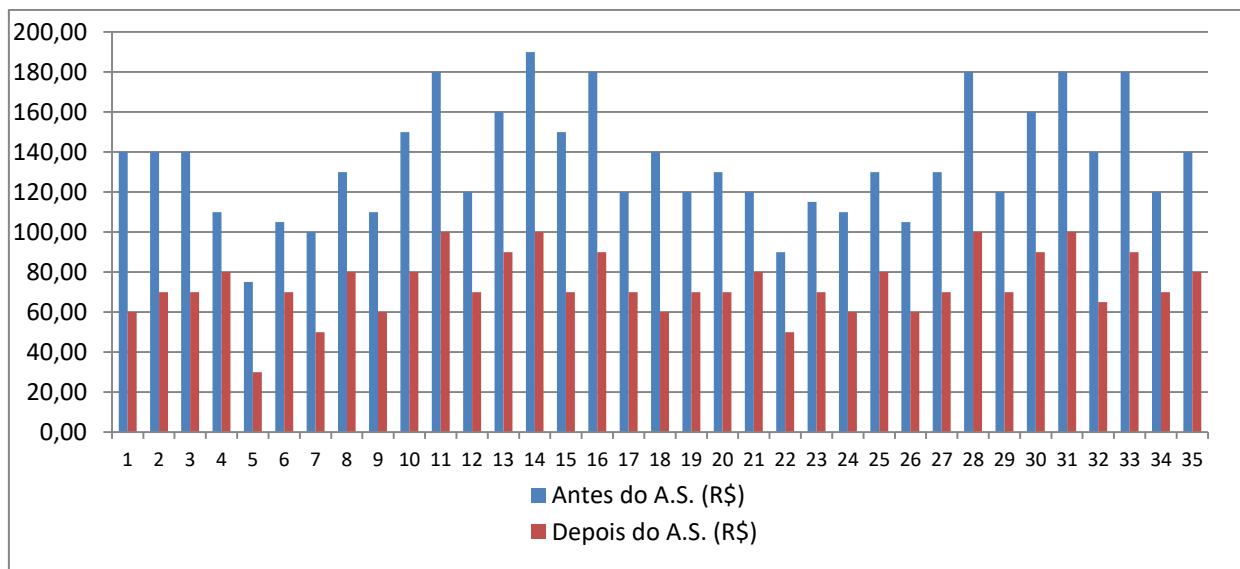


FONTE: Resultados da Pesquisa

No tópico economia de energia e financeira, 100% dos respondentes afirmaram que a moradia anterior também estava conectada à rede de energia elétrica da concessionária. Em cinco casos, que correspondem a 12,5% foi declarado que essa conexão era irregular, por se tratar de área de invasão o local de suas antigas moradias.

A economia financeira se apresenta como a maior vantagem vista por parte dos moradores em relação à instalação do aquecimento solar. Ainda, foi perguntado ao respondente da pesquisa qual a sua percepção quanto ao gasto com energia elétrica na moradia antiga, sem aquecimento solar, comparada à moradia atual, com aquecimento solar. As respostas estão ilustradas na Figura 22, apresentando os valores em cada uma das residências pesquisada, excluindo-se os cinco casos em que a moradia anterior estava conectada de forma irregular. A média de economia, na percepção dos moradores é de 45,1%. Por fim, um detalhe importante, quando perguntado sobre economia na unidade de energia kWh, em 100% dos casos o responde não soube informar.

FIGURA 22 - GASTO COM ENERGIA ANTES E DEPOIS DO AQUECIMENTO SOLAR – NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES



FONTE: Resultados da Pesquisa

Em dois casos, um eletricitista e um técnico em telefonia, a resposta quanto à economia de energia e financeira foi bastante técnica. Eles relataram com precisão a diferença na conta de energia. Segundo seus cálculos, a economia pode chegar a 40%.

A pesquisa confirma, então, conforme descrito na seção 4.5, que os 12 milhões de m² de aquecedores solares instalados no Brasil, já promovem uma economia silenciosa, uma vez que esses dados não aparecem nos relatórios do Ministério das Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética.

Essa economia, segundo cálculos da IEA - Agência Internacional de Energia e do DASOL - Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA, em termos de EEE - Energia Elétrica Equivalente dos sistemas solares térmicos já instalados atinge a marca de 1,03% da matriz elétrica brasileira.

A pesquisa confirma, também, O Relatório da ABRAVA / DASOL (2015) um crescimento muito grande em habitações de interesse social – baixa renda (HIS), uma vez que os programas sociais de habitação têm se valido dessa tecnologia.

E valida ainda, em números aproximados, a teoria descrita na seção 2.6.2 deste trabalho de que o aquecedor solar ajuda a baixar o consumo total de energia do sistema elétrico brasileiro e melhora a renda dos segmentos populares que ganham até três salários mínimos e que utilizam essa tecnologia.

Por fim, neste tópico, foi questionado se o equipamento de aquecimento solar já havia sofrido algum tipo de manutenção. Em 35% dos casos a resposta foi que sim e que a construtora das moradias fez o conserto, como forma de garantia. Em quatro casos, ou seja, em 10% dos casos, foi apontado que os aquecedores não estavam funcionando no dia da pesquisa. Segundo esses moradores o inverno bastante rigoroso e o tempo de instalação, em torno de três anos, contribuíram para esses defeitos nos equipamentos. Verifica-se, então, uma situação específica desses equipamentos quando instalados no sul do país. Eles deveriam estar adequados às temperaturas do inverno.

No último tópico da pesquisa de campo a intenção é traçar considerações sobre a percepção ambiental da população pesquisada. Quando perguntado se foi explicado por que instalaram o aquecimento solar, 100% dos casos foram respondidos como sim, para economia de energia. Verifica-se, então, que nesses casos de habitações de interesse social, a explicação dada à população que recebeu essa tecnologia foi exclusivamente a economia financeira. Há aqui, uma oportunidade para a educação ambiental nessas comunidades, quando da entrega das casas.

Na pergunta seguinte quando indagados se consideram o aquecimento solar importante para o meio ambiente, 52,50% responderam que sim. Embora alguns não saibam explicar. Algumas respostas foram coerentes, como as desses moradores:

“Sim, porque o melhor uso da energia é bom para o meio ambiente.”

“Sim, porque diminui a poluição”.

“Sim, porque economiza a água das usinas.”

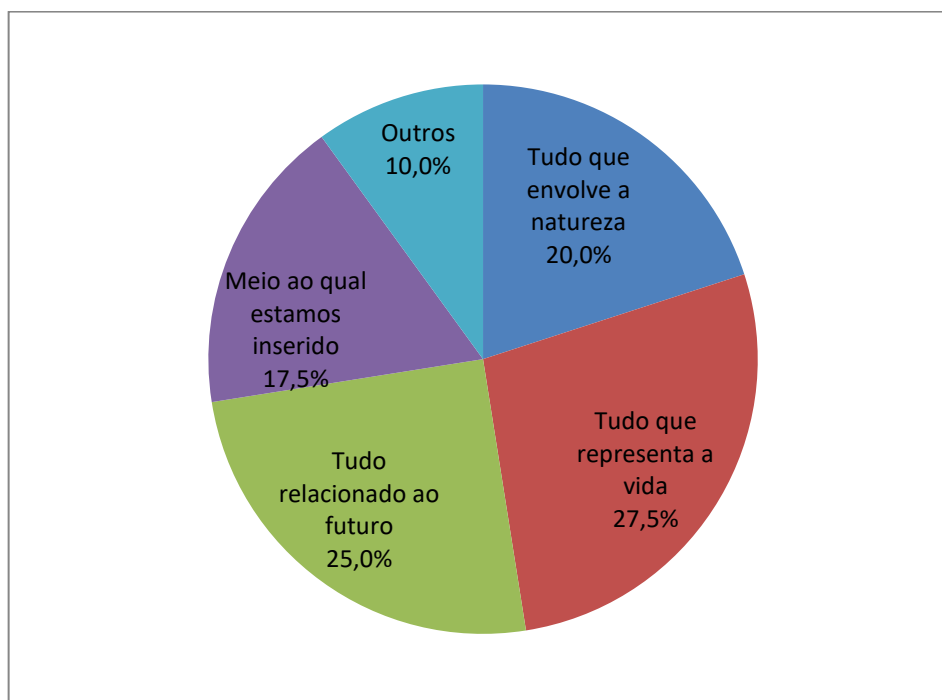
Quanto aos que responderam não, simplesmente não entendem a relação entre energia e meio ambiente. Um caso específico mostra o desconhecimento de como é gerada a energia elétrica no Brasil:

“Nossa energia vem só de Itaipú.”

Para a pergunta: “Para você, qual a importância do Meio Ambiente?”, os resultados encontrados foram: Tudo que envolve a natureza 20,0%, tudo que

representa a vida, 27,5%, tudo relacionado ao futuro 25,0%, meio ao qual estamos inseridos 17,5% e outros 10,0%, conforme ilustrado na Figura 23.

FIGURA 23 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE QUAL A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE - AS



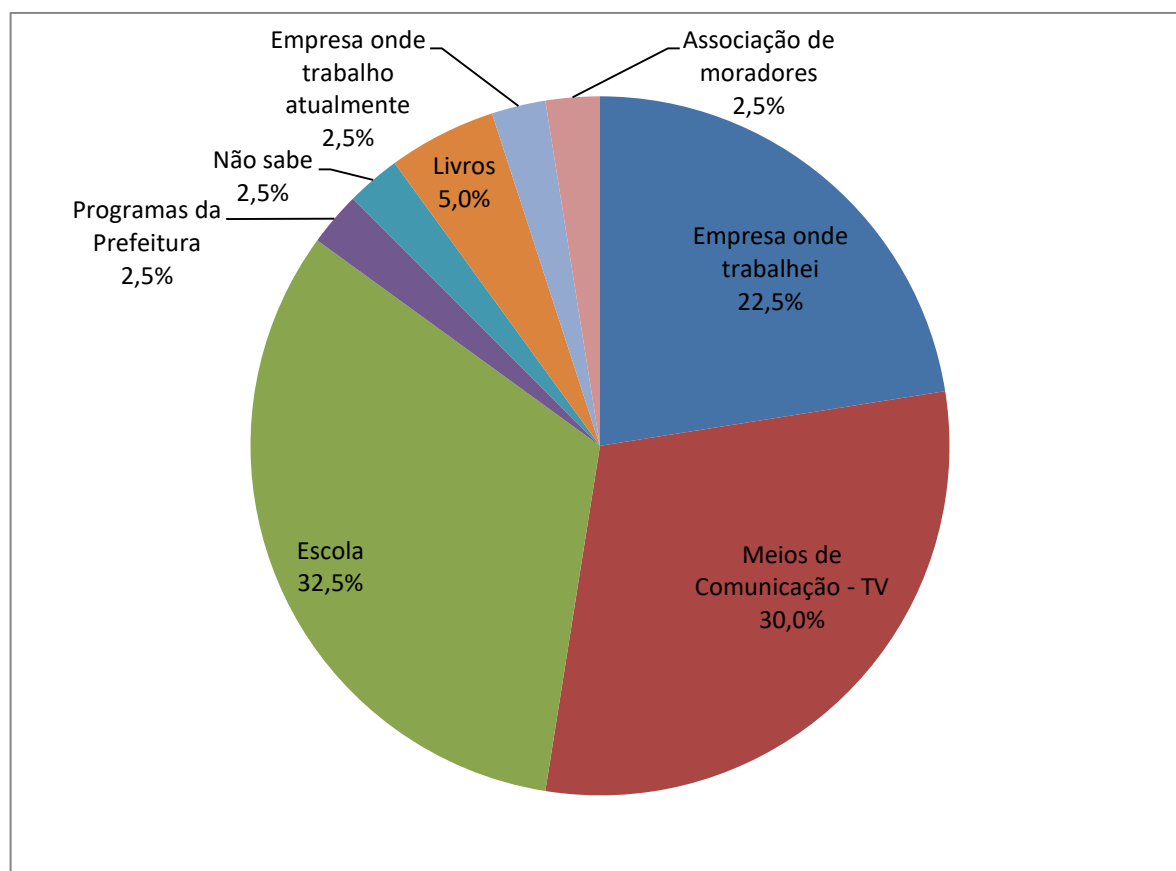
FONTE: Resultados da Pesquisa

Fato relevante, como mostrado anteriormente, há nesta pesquisa, 5,0% de recicladores de lixo. Essa população mostrou, pelas respostas, uma consciência ambiental maior do que pessoas que trabalham em outras atividades.

Adicionalmente quando indagados onde aprendeu a importância do meio ambiente, a distribuição das respostas foi conforme ilustrado na Figura 24.

Observa-se que 32,5% disseram que aprenderam esses conceitos na escola, 30,0% responderam que aprenderam nos meios de comunicação, especialmente televisão, e 22,5% indicaram que foram motivados pelas empresas onde trabalharam.

FIGURA 24 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE – AQUECIMENTO SOLAR



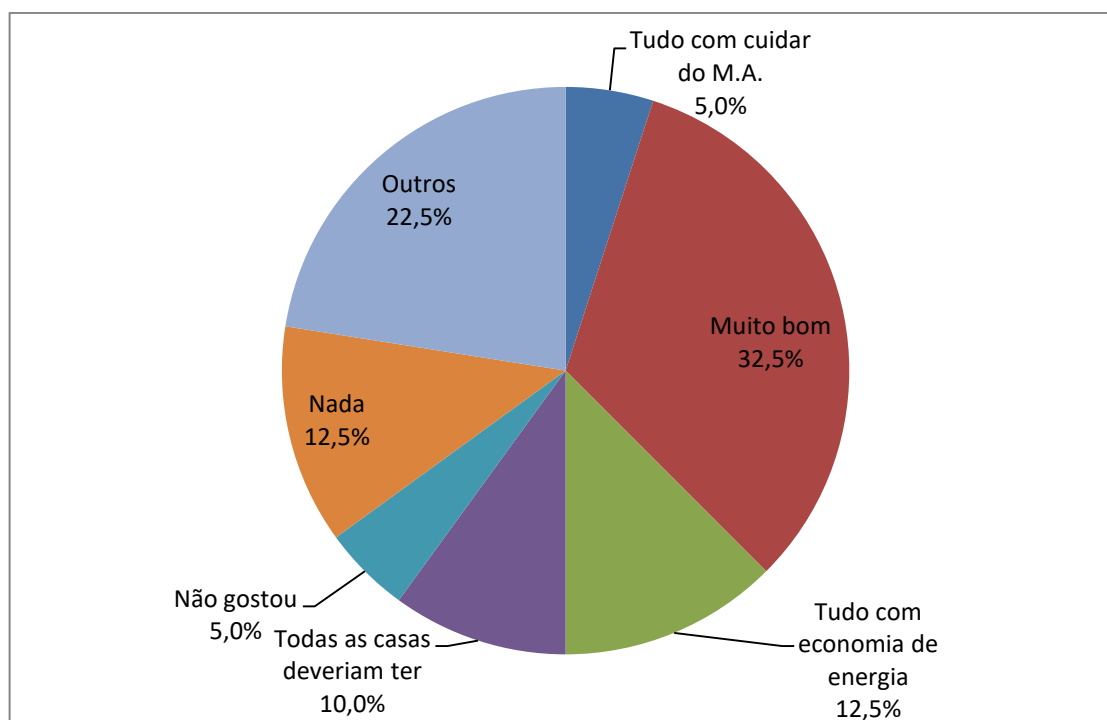
FONTE: Resultados da Pesquisa

Neste item, verifica-se claramente que aqueles respondentes que tiveram algum tipo de formação (ou informação), seja ela na escola, no trabalho ou através de outros meios, conseguem entender melhor a importância do meio ambiente.

Em seguida foram questionados quanto às vantagens do aquecimento solar e a grande maioria respondeu na seguinte sequência: primeiramente a financeira, depois o conforto e por último a ambiental.

Depois, em uma questão aberta, foi perguntado o que a pessoa gostaria de acrescentar, ainda, sobre o aquecimento solar fazendo parte do cotidiano de sua família. As respostas foram ilustradas na Figura 25: tudo com cuidar do meio ambiente – 5,0%, muito bom (apenas) – 32,5%, tudo com economia de energia – 12,5%, todas as casas deveriam ter – 10,0%, não gostou – 5,0%, nada – 12,5%, outras respostas diversas – 22,5%.

FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS PARA O QUE GOSTARIA DE ACRESCENTAR SOBRE O AQUECIMENTO SOLAR



FONTE: Resultados da Pesquisa

Em um caso, nesta pergunta, o respondente comentou que seria interessante se a água aquecida chegasse, também, na torneira da cozinha.

Por fim foi questionado se o conhecimento que eles têm sobre meio ambiente contribuiu para o entendimento do uso adequado do aquecimento solar. Das respostas levantadas, 57,5% responderam sim, enquanto 42,5% responderam não.

4.10 ESTUDO DE CASO PARA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOLTOVOLTAICA

Essa pesquisa foi realizada na cidade de Curitiba / PR, em diversos bairros da cidade, onde foram instalados sistemas de microgeração de energia solar fotovoltaica por opção do proprietário do imóvel e financiada com recursos próprios. Segundo a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em Curitiba existem 203 sistemas de microgeração solares fotovoltaicos instalados.

FIGURA 27 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 1



FONTE: Autor (2017).

FIGURA 28 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 2



FONTE: Autor (2017).

FIGURA 29 - RESIDÊNCIA PESQUISA COM SISTEMA F.V. – FOTO 3



FONTE: Autor (2017).

De posse da base de dados cedida, foi aplicado um questionário em 30 residências, conforme Anexo 2, a fim de entender as condições após a implantação da tecnologia. Ainda, verificar se a implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica apresenta economia financeira e se está adequada ao uso dessa população. Além disso, observar qual a percepção ambiental e se houve algum tipo de formação ambiental a essa população.

Da mesma forma, este questionário foi elaborado com quatro tópicos: caracterização socioeconômica, adequação ao uso do microgerador solar fotovoltaico, economia de energia e financeira e, por fim, sustentabilidade ambiental. Nele existem campos para opiniões e justificativas dos participantes.

No primeiro tópico foram coletadas informações acerca das características sócioeconômicas das famílias residentes, compreendendo os seguintes itens: sexo do respondente, tempo de moradia, renda familiar, grau de escolaridade, número de pessoas na habitação e ocupação do chefe da família.

No segundo tópico buscou-se entender se o microgerador solar fotovoltaico está adequado ao uso das famílias, investigando se estes sabiam utilizá-lo, se houve algum treinamento quanto ao uso e se o funcionamento é bom. Ainda verificando por que optou por instalar esse sistema.

No terceiro tópico foram feitos questionamentos a fim de estimar a economia de energia e financeira gerada pelo microgerador solar fotovoltaico. Procurando entender o quanto a residência gastava anteriormente com energia elétrica e ainda, quanto era o consumo anterior em kWh. Por fim, neste tópico, foi perguntado se o já houve retorno financeiro do investimento e em quanto tempo.

No último tópico foi abordada a questão da percepção ambiental, perguntando se eles consideravam importante para o meio ambiente esse tipo de tecnologia. Questionando, ainda, se eles consideram o meio ambiente importante e onde foi essa aprendizagem. Por fim, solicitando que enumerassem a ordem de importância do aquecedor solar quanto a conforto, financeira, ambiental ou outra.

Com essa abordagem sobre os quatro aspectos – social, cultural, econômico e, obtêm-se um quadro geral do ponto de vista dos moradores sobre a incorporação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica em suas residências.

Os dados referentes ao estudo de caso foram coletados entre os meses de outubro e novembro de 2017, por meio de telefonemas e visitas às residências para aplicação dos questionários e observações em campo. Após a aplicação dos questionários foram iniciadas as tabulações e as análises dos dados.

4.10.1 Tratamento e análise de dados

Da mesma forma, no estudo de caso em questão, a combinação de metodologias diferentes, quantitativa e qualitativa, favorece o aprimoramento da pesquisa. Dessa forma, a utilização das duas abordagens permite uma complementariedade na análise do objeto de estudo.

Os dados levantados por meio das entrevistas foram tabulados em uma planilha e a partir daí foram elaborados gráficos ilustrativos. Estes foram analisados de forma a caracterizar o perfil das famílias usuárias dessa tecnologia avaliada neste estudo. Parte das questões foi analisada estatisticamente pelo método de Análise Exploratória de Dados, observando as frequências absolutas e percentuais.

No tratamento dos dados qualitativos foi utilizado o método de análise de conteúdo, que tem por objetivo a compreensão crítica das comunicações, tanto em seu conteúdo explícito quanto implícito.

4.10.2 Resultados e discussão

Este subcapítulo apresenta os resultados da investigação realizada em campo e aborda os seguintes tópicos: caracterização socioeconômica da população investigada; adequação quanto ao uso do microgerador de energia solar fotovoltaica; economia de energia e financeira e percepção ambiental. Conforme apresentado na metodologia, todos estes tópicos foram levantados por meio de entrevistas estruturadas.

Conforme ilustrado na Tabela 18, a seguir, 86,7% dos questionários foram respondidos por homens e apenas 13,3% por mulheres. Nestas respostas, 30,0% estão morando há menos de um ano nessa residência, enquanto 13,3% estão residindo entre um e dois anos. Já, entre dois e cinco anos de residência são 30,00% e residindo há mais de cinco anos são 26,7% dos respondentes.

TABELA 18 - CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA PARA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

| Categoria | Subcategoria | Freq. Absoluta | % |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 1) Gênero | Masculino | 26 | 86,7% |
| | Feminino | 4 | 13,3% |
| | Total | 30 | 100,00% |
| | | | |
| 2) Tempo de Moradia | até 1 ano | 9 | 30,0% |
| | de 1 a 2 anos | 4 | 13,3% |
| | de 2 a 5 anos | 9 | 30,0% |
| | mais que 5 anos | 8 | 26,7% |
| | Total | 30 | 100,0% |
| | | | |
| 3) Renda Familiar | até 1 S.M. | 0 | 0,0% |
| | 1 a 3 S.M. | 0 | 0,0% |
| | Mais de 3 S.M. | 30 | 100,0% |
| | Total | 30 | 100,0% |
| | | | |
| 4) Escolaridade | até 4a. Série | 0 | 0,00% |
| | Ensino Fundamental | 0 | 0,00% |
| | Ensino Médio | 0 | 0,00% |
| | 3o. Grau | 17 | 58,6% |
| | Pós graduado | 12 | 41,4% |
| | Total | 29 | 100,0% |
| | | | |

| | | | |
|-------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 5) No. pessoas na hab. | Uma | 0 | 0,00% |
| | Duas | 2 | 6,6% |
| | Três | 6 | 20,0% |
| | Quatro | 14 | 46,7% |
| | Cinco | 8 | 26,7% |
| | Mais que cinco | 0 | 0,00% |
| | Total | 30 | 100,0% |

FONTE: Resultados da Pesquisa

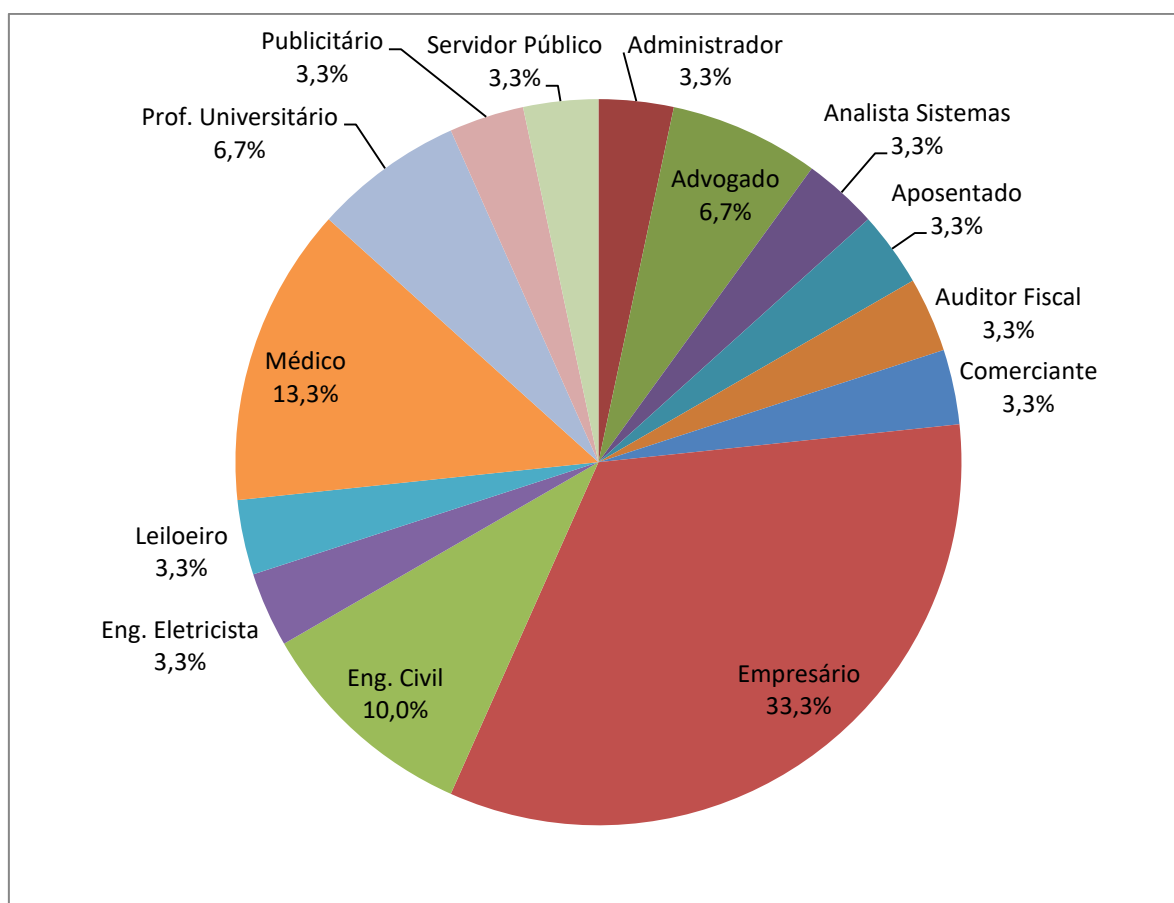
Com relação à renda familiar, como já esperado para esse tipo de tecnologia, 100% das famílias tem uma renda superior a três salários mínimos.

Observando a escolaridade dessa população respondente, verifica-se que 58,6% têm ensino superior e que 41,4% são pós-graduados. Não se encontrou, nessa população pesquisada, nenhum caso de escolaridade com apenas ensino fundamental ou médio.

Ainda observando aspectos socioeconômicos, com relação ao número de pessoas moradoras em cada habitação, 0% tem apenas um habitante, 6,6% tem duas pessoas em cada habitação, 20,0% tem três habitantes, 46,7% do universo pesquisado contemplam quatro moradores em cada habitação e 26,7% com cinco moradores em cada casa. Não se constatou casos de seis ou mais moradores em uma única habitação.

Finalizando a caracterização socioeconômica, conforme ilustra a Figura 30, há uma grande distribuição de tipos de tipos de ocupação do chefe dessas famílias, especialmente por se tratar de área urbana. Destaques especiais para 33,3% que figuraram como empresários, 13,3% de médicos e 10,0% de engenheiros civis.

FIGURA 30 - OCUPAÇÃO DO CHEFE DA FAMÍLIA – MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

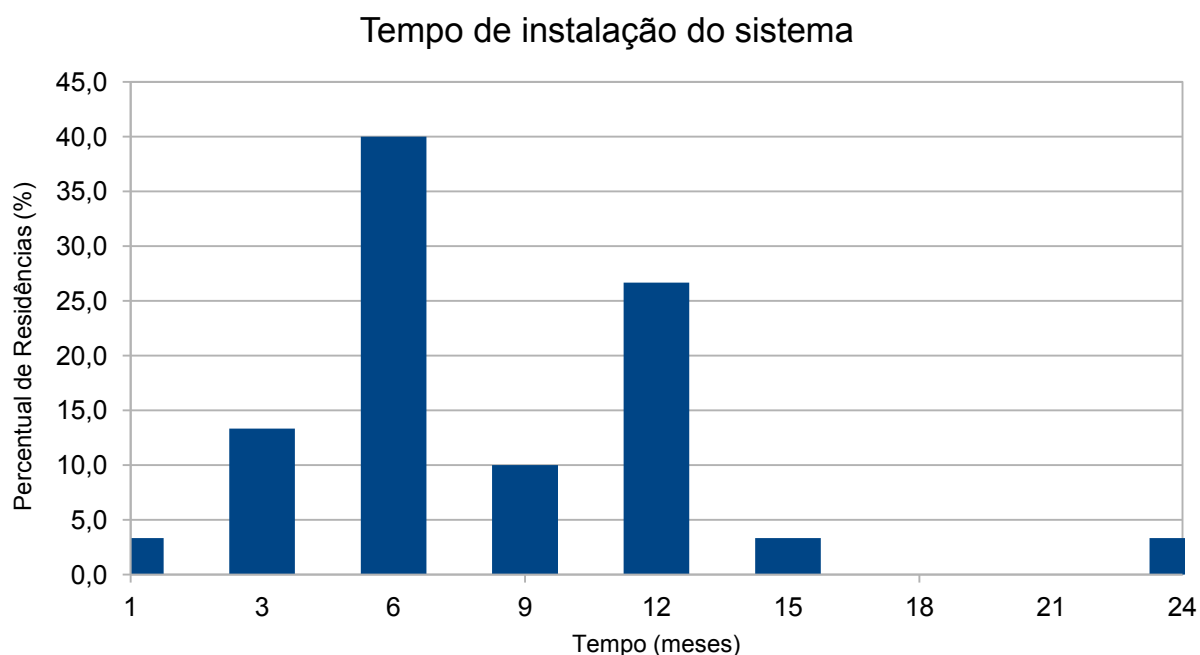


FONTE: Resultados da Pesquisa

Quanto à adaptação ao uso do microgerador de energia solar fotovoltaica, como se trata de aspectos de incorporação de tecnologia, foi proposto verificar se os respondentes receberam treinamento para o uso do equipamento. Em 100% dos casos, as respostas foram que sim, feito pela empresa instaladora. Também, em 100% dos casos os moradores responderam que o equipamento funciona bem.

Ainda, foi perguntado aos respondentes da pesquisa há quanto tempo está instalado o microgerador de energia solar fotovoltaica em suas residências. Conforme ilustrado na Figura 31, apresenta-se um gráfico de frequência estatística do tempo de instalação do sistema. A média de tempo de instalação é de 8,6 meses.

FIGURA 31 - FREQUÊNCIA ESTATÍSTICA DO TEMPO DE INSTALAÇÃO POR RESIDÊNCIA

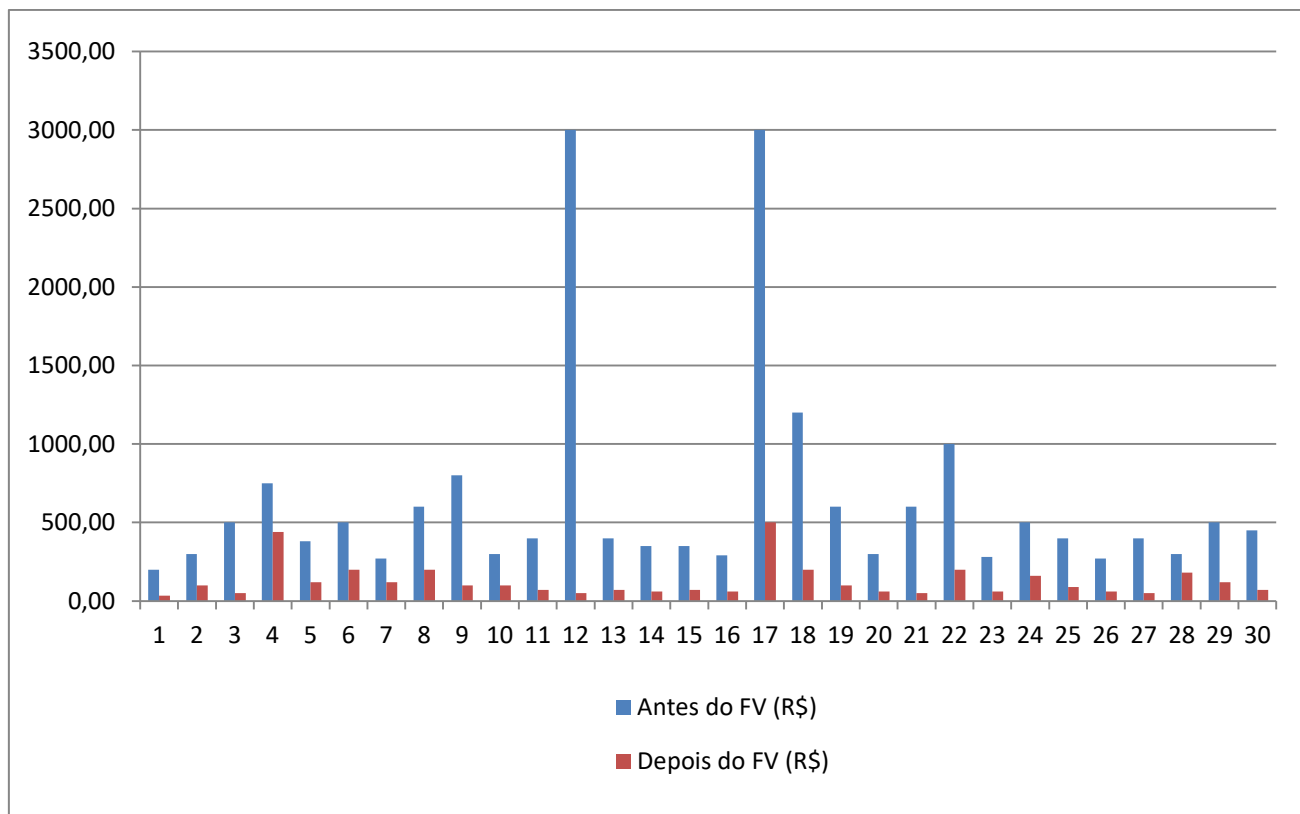


FONTE: Resultados da Pesquisa

Por fim, foi perguntado ao respondente qual sua motivação para a instalação do microgerador, e 60,0% responderam que foi pela economia financeira, enquanto que 36,7% responderam que foi a sustentabilidade ambiental e 3,3% responderam que estão fazendo um teste com a tecnologia. Percebe-se, nesta pesquisa, que os empresários escolheram a instalação do sistema, principalmente, por motivos financeiros, enxergando na tecnologia uma possibilidade de investimento, economia e retorno financeiro. Enquanto, outras profissões, médicos e engenheiros, por exemplo, citam a questão da sustentabilidade como principal motivo para a instalação.

No tópico economia de energia e financeira, foi perguntado ao respondente da pesquisa qual a sua percepção quanto ao gasto financeiro com energia elétrica na moradia antes da instalação do microgerador, comparada à situação atual. As respostas estão ilustradas na Figura 32, apresentando os valores em cada uma das residências pesquisada. Em média as residências gastavam R\$ 639,70 com energia elétrica e passaram a gastar R\$ 124,80. A economia média, na percepção dos moradores é de 76,1%.

FIGURA 32 - GASTO FINANCEIRO COM ENERGIA ELÉTRICA ANTES E DEPOIS DO MICROGERADOR FOTOVOLTAICO - NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES

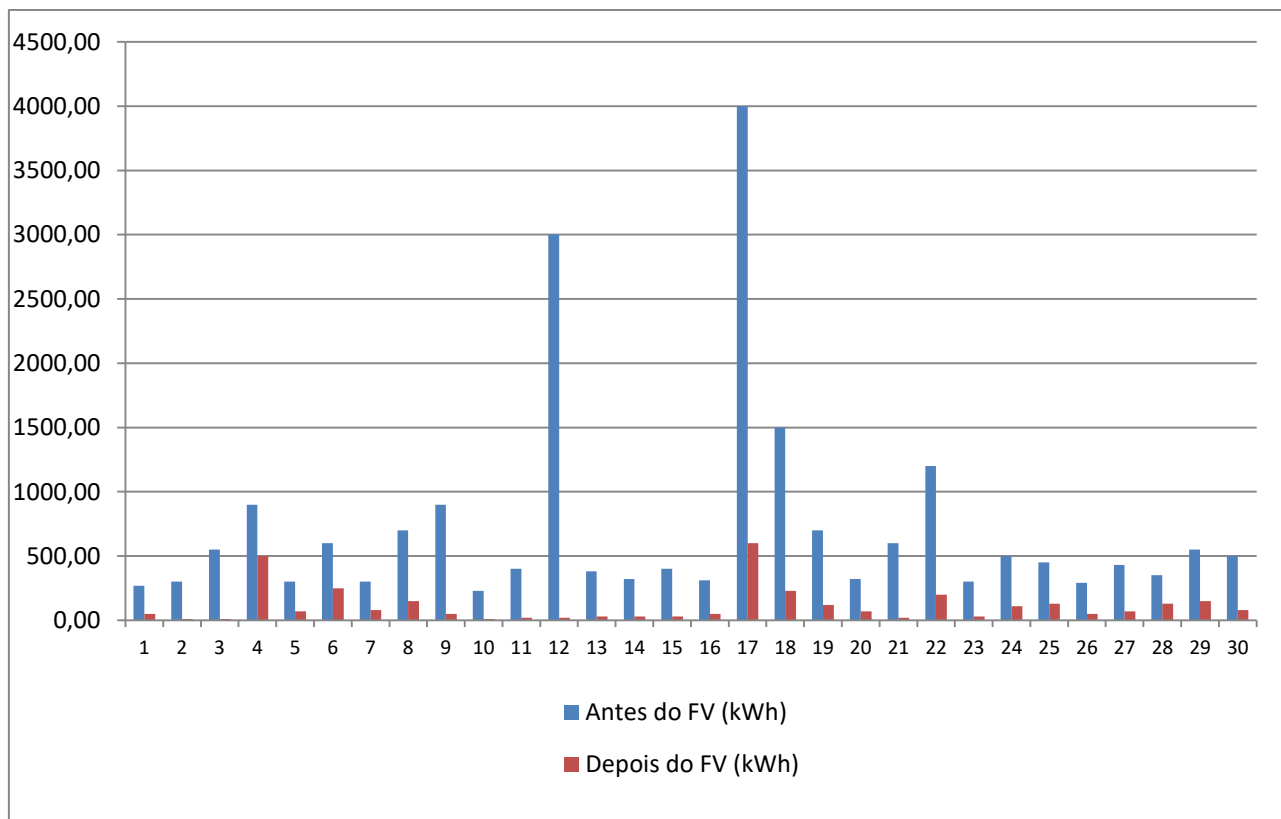


FONTE: Resultados da Pesquisa

Importante citar que nas pesquisas de número 12, 17, 18 e 22, os optantes pela tecnologia conseguiram compensar seu consumo de energia não somente de sua residência. Mas, também, de outros imóveis, como: de sua casa na praia ou, até mesmo, de sua empresa. Por esse motivo, o gráfico apresenta reduções muito consideráveis no gasto com energia.

Da mesma forma, foi perguntado ao respondente da pesquisa qual a sua percepção quanto ao consumo de energia elétrica em quilo watt hora na moradia, antes da instalação do microgerador, comparada à situação atual. As respostas estão ilustradas na Figura 33, apresentando os valores em cada uma das residências pesquisada. Em média as residências consumiam 718,3 kWh com energia elétrica e passaram a consumir 111,67 kWh. A média de economia, na percepção dos moradores é de 82,9%.

FIGURA 33 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ANTES E DEPOIS DO MICROGERADOR FOTOVOLTAICO - NA PERCEPÇÃO DOS MORADORES



FONTE: Resultados da Pesquisa

Da mesma forma, nas pesquisas de número 12, 17, 18 e 22, os optantes pela tecnologia conseguiram compensar seu consumo de energia não somente de sua residência. Mas, também, de outros imóveis, como: de sua casa na praia ou, até mesmo, de sua empresa. Por esse motivo, o gráfico apresenta reduções muito consideráveis no consumo de energia.

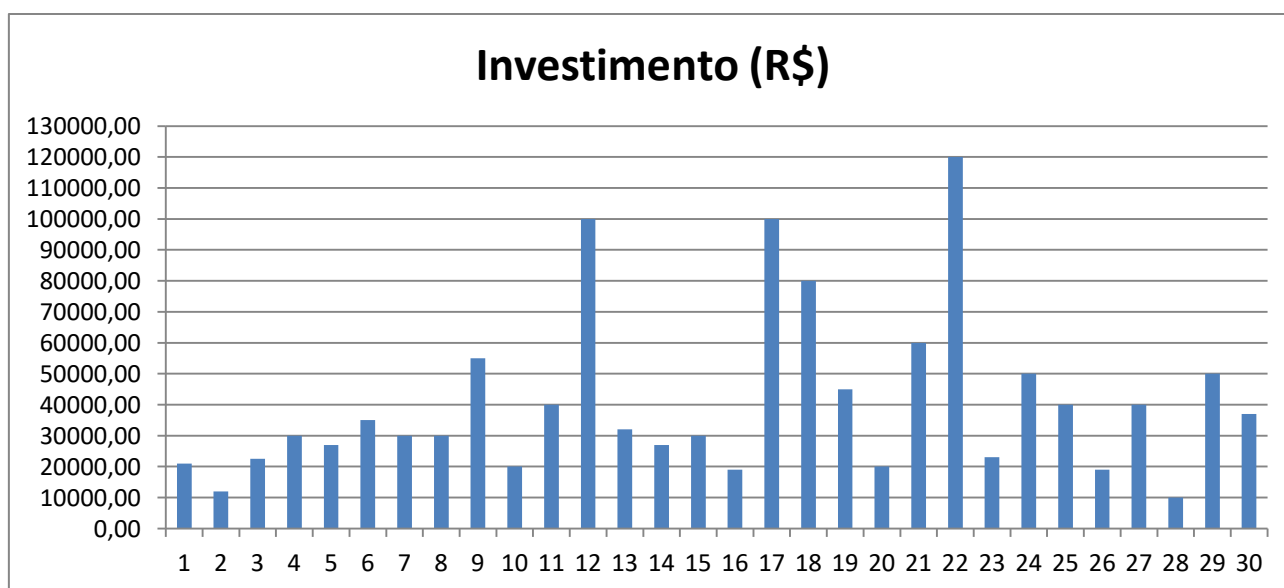
Conforme apresentado na seção 4.2 – Balanço Energético Nacional, em termos de geração de energia elétrica, o relatório apresenta a atualização do ano de 2015 da matriz elétrica brasileira e pela primeira vez na história a geração solar entrou no balanço. Também, na seção 4.3 – Matriz Energética do Paraná, a produção de energia elétrica pela fonte solar pela primeira vez apresentou números significativos. Pela pesquisa apresentada na seção 4.6, em 19/07/2017 o Paraná já possuía 994 sistemas fotovoltaicos distribuídos instalados, com uma potência instalada de 7,64 GWp.

A pesquisa de campo confirma, então, o crescimento dessa tecnologia, o benefício em termos de redução de gastos com energia para os usuários dessa tecnologia e de alívio do sistema elétrico nacional.

No mesmo tópico, foi questionado a cada entrevistado quanto foi o investimento inicial no sistema. Conforme ilustrado na Figura 34, apresenta-se um gráfico do investimento inicial no sistema em cada residência. A média de investimento inicial é de R\$ 40.816,70. Também, em todos os casos entrevistados não houve, ainda, retorno financeiro desses investimentos, pois as instalações são relativamente recentes. Nas respostas, o tempo previsto de retorno está entre cinco e sete anos.

Como explicado anteriormente, nas pesquisas de número 12, 17, 18 e 22, tiveram investimentos iniciais foram maiores que a média, uma vez que utilizaram o sistema para compensar seu consumo de energia não somente de sua residência, mas também, de outros imóveis, como: de sua casa na praia ou, até mesmo, de sua empresa.

FIGURA 34 - INVESTIMENTO INICIAL EM CADA RESIDÊNCIA PESQUISADA – MICROGERADOR FOTOVOLTAICO



FONTE: Resultados da Pesquisa

A pesquisa de campo confirma também, os custos de aquisição descritos na seção 4.8.2 onde, a partir de informações do Grupo Setorial Fotovoltaico da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, os preços de sistemas abaixo de 10kWp, já instalados, estão na ordem de R\$ 7,50 /Wp. Ou seja,

um sistema de 4,0 kWp, custa na base de R\$ 30.000,00, acrescidos de impostos. Segundo o descrito também, o tempo médio de amortização desse tipo de investimento é de 5 a 7 anos, dependendo das condições de insolação do local, custo da energia, entre outros fatores. O valor médio de investimento inicial pago pelos usuários dessa tecnologia foi de R\$ 40.816,70.

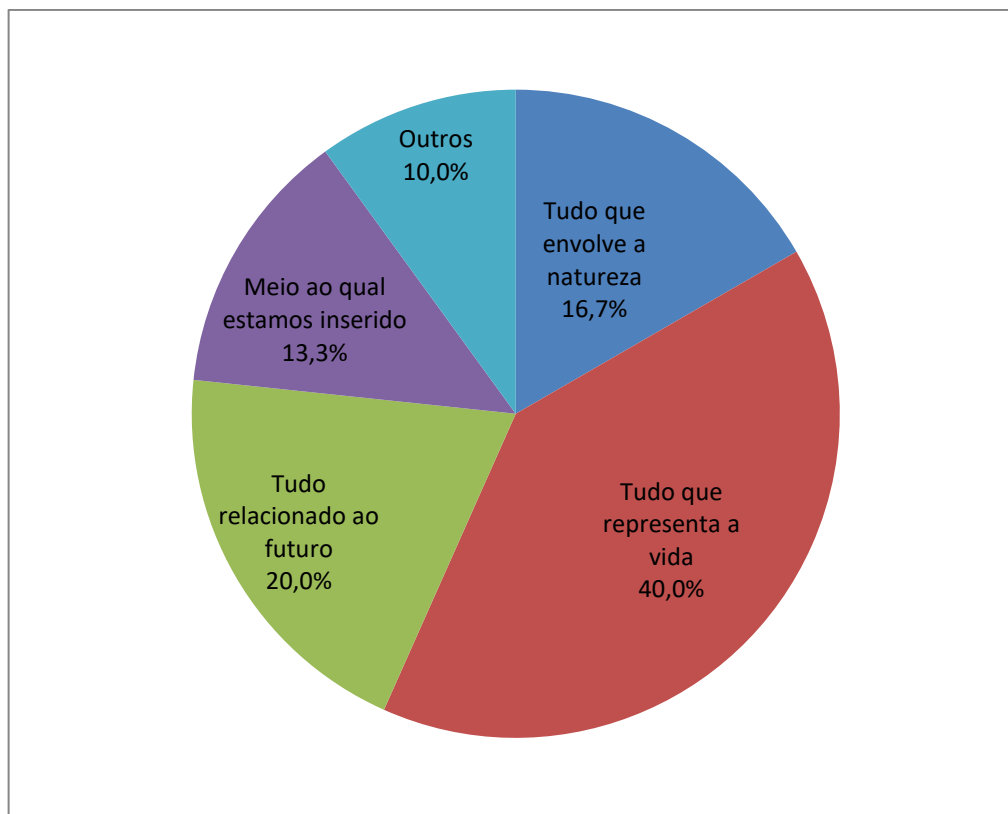
Da mesma forma que no estudo de caso anterior, no último tópico da pesquisa de campo a intenção é traçar considerações sobre a percepção ambiental da população pesquisada que instalou microgeradores de energia solar fotovoltaica. Quando perguntado se consideram o microgerador importante para o meio ambiente, 100% responderam que sim, fazendo uma correlação entre economia de energia e preservação ambiental.

Neste público pesquisado, verifica-se uma percepção ambiental bastante apurada em relação às suas responsabilidades enquanto integrantes do meio ambiente. Como já dito anteriormente, 36,7% responderam que foi a sustentabilidade ambiental a principal motivação para instalação do sistema.

Para a pergunta: “Para você, qual a importância do Meio Ambiente?”, os resultados encontrados foram: Tudo que envolve a natureza - 16,7%, tudo que representa a vida, 40,0%, tudo relacionado ao futuro 20%, meio ao qual estamos inseridos 13,3% e outros 10,0%, conforme ilustrado na Figura 35.

Embora esse público seja bastante consciente, apenas um respondente, engenheiro eletricista, tem conhecimento que a geração de energia elétrica, pelo sistema elétrico nacional, gera em torno de 139,6 gramas de CO₂ para cada kWh gerado.

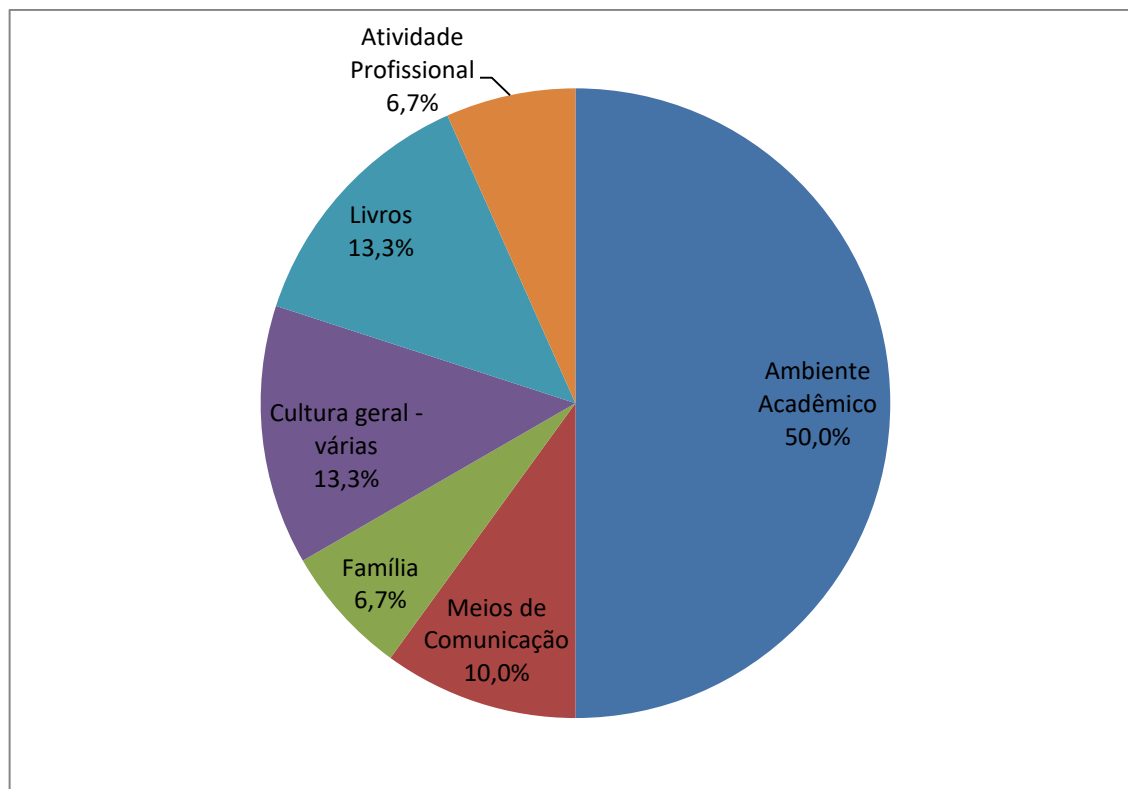
FIGURA 35 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE QUAL A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE - FV



FONTE: Resultados da Pesquisa

Adicionalmente quando indagados onde aprendeu a importância do meio ambiente, a distribuição das respostas foi conforme ilustrado na Figura 36. Observa-se que 50,0% disseram que aprenderam esses conceitos no ambiente acadêmico, 13,3% responderam que aprenderam devido à leitura a respeito. Também, 13,3% apontaram que foi devido à cultura geral (vários fatores), 10,0% explicaram que foi nos meios de comunicação.

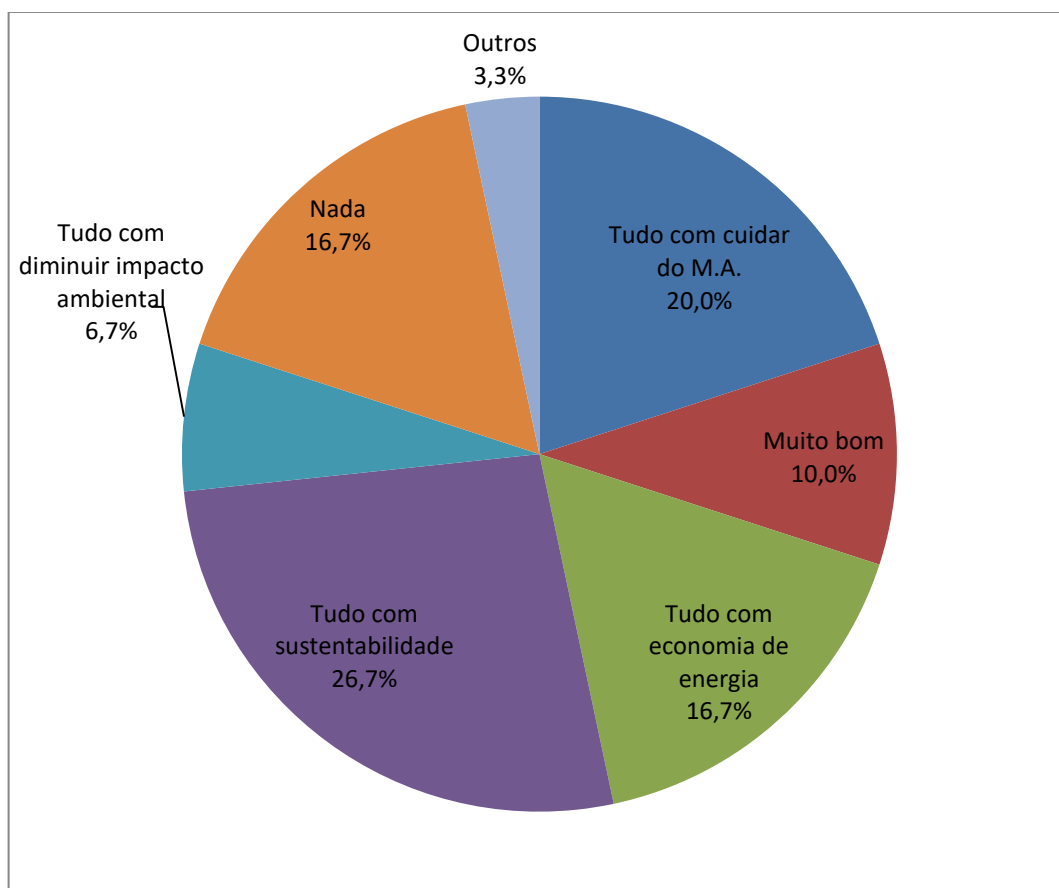
FIGURA 36 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE – MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA



FONTE: Resultados da Pesquisa

Depois, em uma questão aberta, foi perguntado o que a pessoa gostaria de acrescentar, ainda, sobre o microgerador solar fazendo parte do cotidiano de sua família. As respostas foram ilustradas na Figura 37: tudo com cuidar do meio ambiente – 20,0%, muito bom (apenas) – 10,0%, tudo com economia de energia – 16,7%, tudo com sustentabilidade – 26,7%, tudo com diminuir o impacto ambiental – 6,7%, nada – 16,7%, outras respostas diversas – 3,3%.

FIGURA 37 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS PARA O QUE GOSTARIA DE ACRESCENTAR SOBRE O MICROGERADOR SOLAR



FONTE: Resultados da Pesquisa

Muitos citaram a importância de uma política pública para as energias renováveis. Tanto no sentido do incentivo, quanto linhas de financiamento adequadas para que todos tenham acesso à tecnologia.

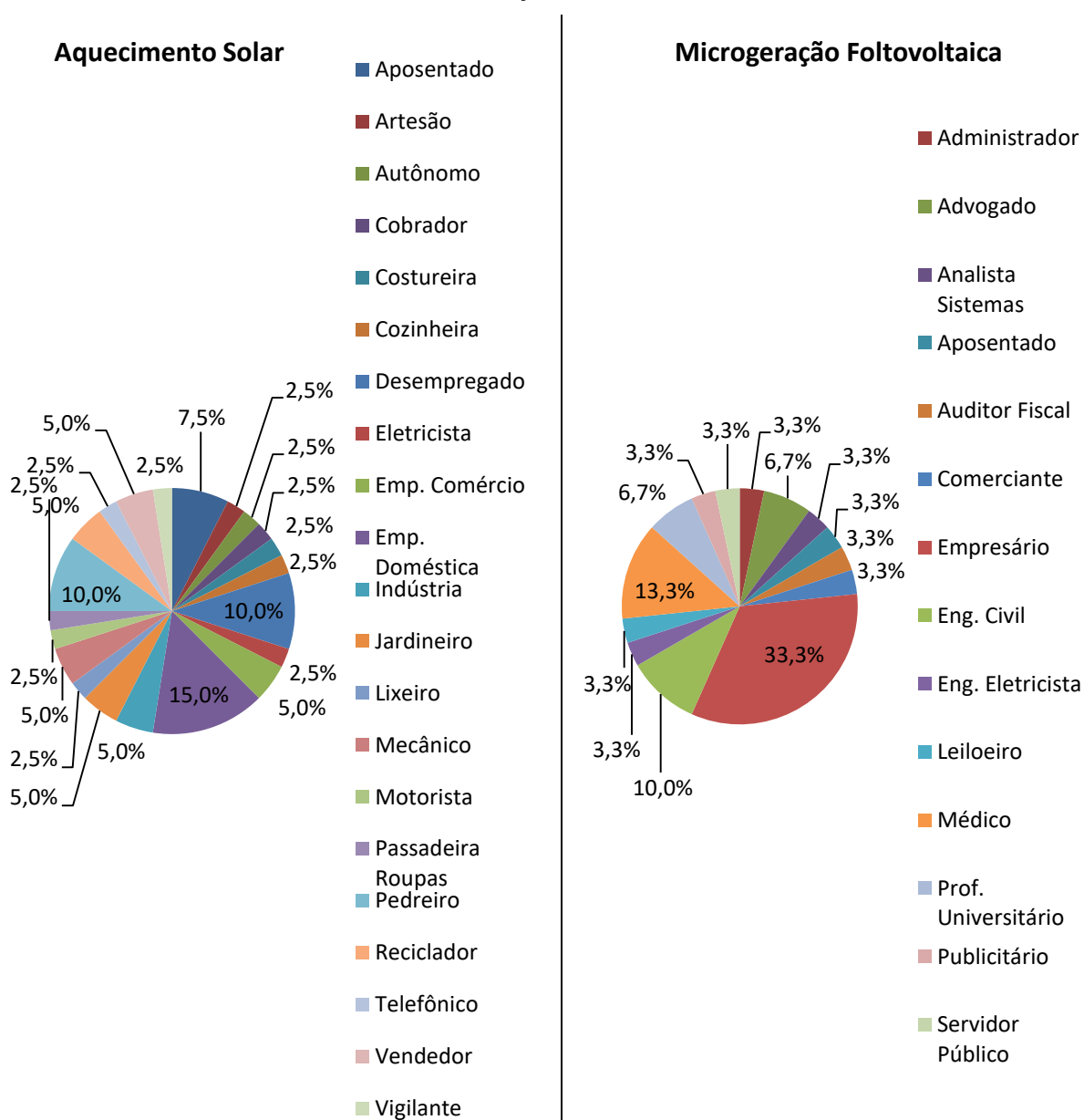
Por fim foi questionado se o conhecimento que eles têm sobre meio ambiente contribuiu para o entendimento e a decisão de uso do microgerador solar fotovoltaico e 100% dos respondentes indicaram que sim. Inclusive, muitos citaram que já possuíam aquecimento solar anteriormente instalado em sua residência e que isso contribuiu para sua decisão de instalar o microgerador.

4.11 ASPECTOS COMPARATIVOS ENTRE OS ESTUDOS DE CASO

Este subcapítulo apresenta os alguns aspectos comparativos resultantes dos dois estudos de caso realizados em campo.

A primeira comparação refere-se ao tipo de ocupação do chefe de família. Conforme apresenta a Figura 38, no caso do aquecimento solar trata-se de trabalhadores de baixa renda como autônomos, artesãos, empregados domésticos, e até mesmo, aposentados e desempregados.

FIGURA 38 – COMPARATIVO ENTRE OCUPAÇÕES DO CHEFE DE FAMÍLIA

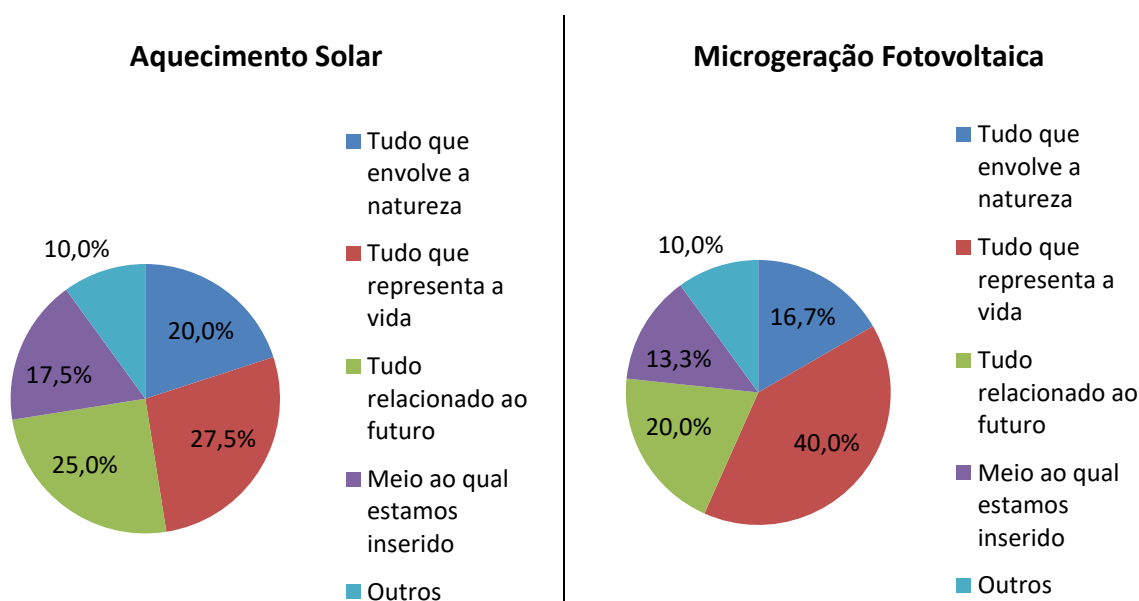


FONTE: Resultados da Pesquisa

Ao passo que no caso da microgeração fotovoltaica apresenta-se uma grande quantidade de empresários, médicos, advogados, entre outras profissões resultantes de formação superior.

Entretanto, quando comparados os dados da pergunta sobre a importância do meio ambiente verifica-se, conforme a Figura 39, que as respostas são estatisticamente muito semelhantes. Ou seja, independentemente do extrato social pesquisado, respostas como: tudo que envolve a natureza, tudo que representa a vida, tudo relacionado ao futuro e meio ao qual vivemos, estão presentes na pesquisa e com resultados finais muito próximos.

FIGURA 39 – COMPARATIVO ENTRE RESPOSTAS SOBRE A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE

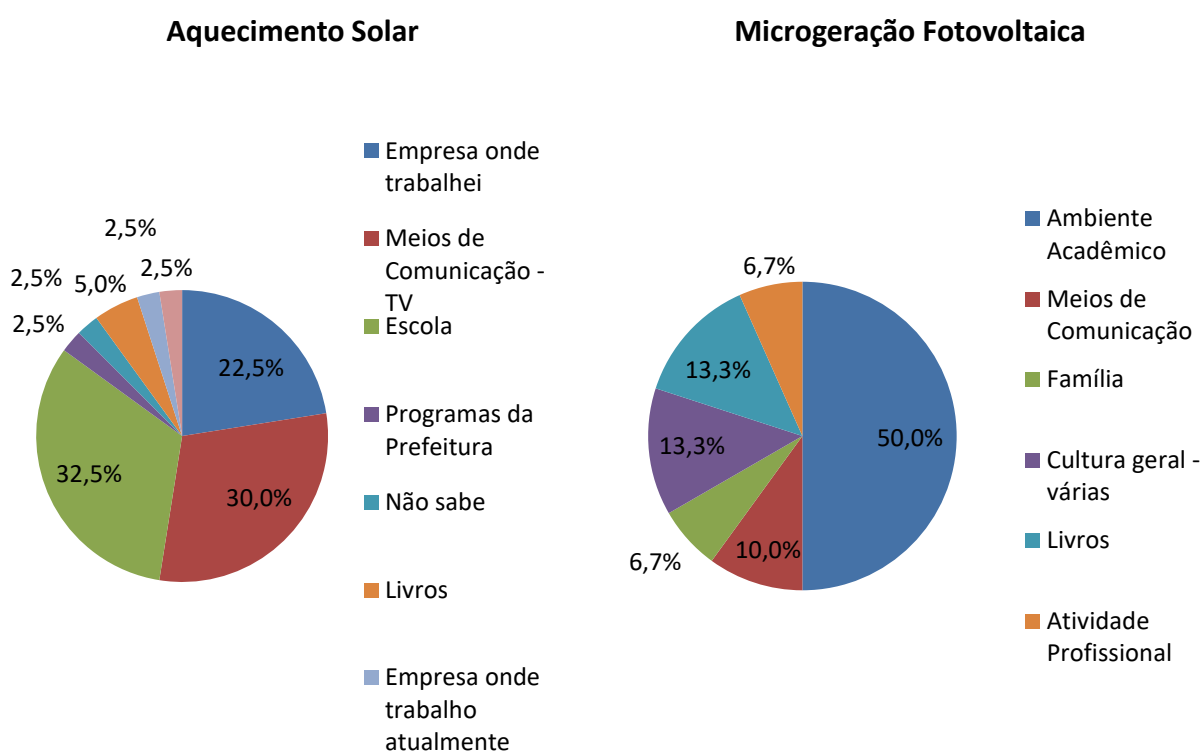


FONTE: Resultados da Pesquisa

Outra comparação a ser destacada é quanto a pergunta “onde aprendeu sobre a importância do meio ambiente”. Conforme a Figura 40 ilustra, no caso do aquecimento solar a escola representa 32% desse universo e empresa onde trabalhei 22,5%. Destaque especial para essa população é que 30% responderam que os meios de comunicação, principalmente a televisão, agiram com formador dessa opinião.

Já no caso da microgeração fotovoltaica, 50% responderam que foi o meio acadêmico responsável por essa formação, destacando assim a importância da educação ambiental. Todavia, mesmo neste público 10% responderam a importância dos meios de comunicação neste quesito.

FIGURA 400 – COMPARATIVO ENTRE RESPOSTAS SOBRE ONDE APRENDEU A IMPORTÂNCIA DO MEIO AMBIENTE



FONTE: Resultados da Pesquisa

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa objetivou avaliar a contribuição da energia solar na matriz energética paranaense, analisando que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar ou de microgeração de energia solar fotovoltaica exercem no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias e verificando a percepção ambiental dos moradores dessas instalações.

Buscou-se ainda, elaborar um panorama do balanço energético brasileiro e paranaense, no sentido de identificar as principais fontes de energia utilizadas no Brasil e no Paraná e descrever a matriz de geração elétrica no Brasil e do Paraná, assim como traçar um perfil do consumo de energia elétrica nos diversos setores da economia brasileira e paranaense. Também, apresentar a evolução e o cenário atual da utilização das tecnologias de aquecimento solar e da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil e no Paraná, levantar as políticas e programas de incentivo à utilização da energia solar para aquecimento e à microgeração de energia solar fotovoltaica, dos governos federal e estadual e analisar os custos de implantação desses projetos, bem como os programas de fomento existentes.

Ainda, por meio de pesquisa de campo, verificar a influência no consumo de energia da população usuária dessas tecnologias e investigar a percepção ambiental despertada na população pela utilização desses sistemas. Essa avaliação foi desenvolvida na cidade de Curitiba e compreendeu uma análise pós-ocupacional, por meio de questionários aplicados e de observações *in loco*.

A revisão de literatura apresentada está em consonância com o objetivo geral do PPGMADE que é de “formação e produção de conhecimento relativo à grande questão do Desenvolvimento e suas relações com o Meio Ambiente. Analisando as relações Sociedade e Natureza, em concepção interdisciplinar e crítica que contribua à construção de uma sociedade economicamente sustentável, ambientalmente responsável e socialmente justa” (PPGMADE, 2017).

O capítulo 2 descreveu o marco teórico, ou seja, a revisão da literatura, onde foram colados temas como: energia e sociedades, crise ambiental, justiça ambiental, energia e desenvolvimento, formas de aproveitamento energético, energia solar, aproveitamento energético em aquecimento solar, aproveitamento energético fotovoltaico, geração distribuída, eficiência energética e educação ambiental.

Esta pesquisa é a terceira relativa ao tema da energia solar dentro do PPGMADE. Na primeira, de autoria do pesquisador Marcos Alfred Brehn em 2014, o trabalho evidenciou a pouca representatividade dos sistemas de geração fotovoltaica distribuídas no Brasil e no mundo. Ainda, apresentou que a tecnologia de microgeração fotovoltaica distribuída já se mostrava viável em aspectos ambientais, técnicos, normativos e estava muito próxima de se viabilizar economicamente no Brasil.

A segunda a respeito do tema ocorreu em 2016, da pesquisadora Helena Leal Rokembach. Foram listados 71 sistemas microgeradores fotovoltaicos na cidade de Curitiba, sendo 54 residenciais. E já existiam 21 empresas que forneciam o serviço de instalação dos sistemas. Também, o principal fator apresentado pelos usuários e pelos gestores da área, relacionado à adesão ao sistema de geração, foi a possibilidade de economia, ou seja, o retorno financeiro.

5.1 RESUMO DA PESQUISA DE FONTES SECUNDÁRIAS

Observando-se o Balanço Energético Nacional (2016), do total de oferta de energia, verifica-se que 41,2% são de fontes de energia consideradas renováveis, sendo as principais: 16,9% biomassa de cana de açúcar e 11,3% hidráulica, 8,2%, enquanto que 58,8% são de fontes não renováveis, sendo 37,3% petróleo e 13,7% gás natural.

Em relação ao consumo de energia, observa-se que o setor industrial é o maior consumidor de energia nacional e utilizou em 2016, 32,5% dessa energia, enquanto transportes 32,2%, residências 9,6%, setor energético 10,7%, agropecuária 4,4%. Assim, indústria, transporte e mobilidade correspondem a 65% do total de energia consumida no país.

Quanto à geração de energia elétrica, o Brasil dispõe de uma matriz de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 64,0% da oferta interna. As fontes consideradas renováveis representam 75,5% da oferta interna de eletricidade.

Os dados evidenciam que no Brasil, o consumo energético tem aumentado ao longo dos últimos anos, o que demanda uma maior quantidade de fontes energéticas primárias para geração elétrica. Embora o setor elétrico brasileiro tenha emissões bem menores do que no restante do mundo, em 2015 a intensidade de

carbono na geração elétrica brasileira foi de 139,6 kg de CO₂/MWh. Ou seja, para cada kWh gerado, emitiu-se cerca de 139,6 gramas de CO₂ para a atmosfera.

Já em relação aos demais gases de efeito estufa na matriz energética brasileira, o cálculo das emissões contém métodos de medidas das emissões muito controversos. Entretanto, vários estudos mostram que apesar de algumas tecnologias de geração serem consideradas não poluentes, como as hidrelétricas, por exemplo, suas emissões, quando considerados o seu ciclo de vida, não são nulas.

No Paraná, historicamente, a demanda de energia é superior à quantidade ofertada, sendo assim o estado do Paraná um importador líquido de energia. Em 2015 foi necessário comprar 4.247 mil tep. Do total de oferta de energia no Paraná, verifica-se que 48,92% são de fontes de energia consideradas renováveis, e 51,08% não renováveis. Ainda, a geração hidrelétrica representa 99,4% de toda a geração de energia elétrica, isso devido ao grande potencial hídrico do estado. Mesmo assim, o Paraná ainda necessita de geração térmica para suprir sua necessidade.

Com relação à energia solar para aquecimento, os dados do ano base 2015 mostram que foram produzidos 7.968 GWh de energia, em 12,4 milhões de metros quadrados acumulados de área instalada. São cerca de seis milhões de residências que já dispõem do equipamento. E como são sistemas isolados, essas quantidades não estão refletidas no Balanço Energético Nacional.

Com relação à microgeração fotovoltaica, dados de 2017, no Brasil já existem 12.353 sistemas de microgeração solar fotovoltaica, num total de 140.117,68 kW de potência instalada. No Paraná existem 994 sistemas de microgeração solar fotovoltaica, interligados às redes das concessionárias, num total de 7.643,01 kW de potência instalada. Esses números crescem dia após dia, tornando-se a tecnologia de geração de energia de maior crescimento nos últimos dois anos e com um enorme potencial, ainda, a ser utilizado.

A pesquisa listou vários benefícios destinados à geração de energia elétrica proveniente de fonte solar no âmbito do governo federal, desde a produção e comercialização de equipamentos, bem como ao usuário final que utiliza a tecnologia. Entretanto, no âmbito do governo estadual a realidade é bem diferente. São pouquíssimos os projetos de lei, leis efetivas e regulamentações destinadas à utilização da energia solar, tampouco existem programas de incentivo a respeito.

A principal lei que beneficiaria a isenção do ICMS ao microprodutor de energia (convênio CONFAZ) está parada na Assembléia Legislativa do Paraná. Este projeto de lei já passou por todas as comissões, audiências públicas que se fizeram necessárias, tendo sido aprovada em todas elas. Porém, desde junho de 2016 está aguardando entrar em pauta para votação. Dessa forma, o Paraná é um dos três estados, juntamente com Santa Catarina e Amazonas, que não isentam de ICMS a microgeração de energia solar fotovoltaica.

Com relação aos custos de implantação de sistemas de aquecimento solar, por ser uma tecnologia já bem consolidada, tem preço acessível no mercado. Um equipamento composto de coletor solar de 2m² e reservatório térmico solar de 200 litros, compatível com uma residência de família de classe média com 4 pessoas, tem valor já instalado de cerca de R\$ 1.750,00. E esse investimento é compensado mensalmente pela economia na conta de energia elétrica, sendo inteiramente amortizado em período aproximado de dois anos.

Situação diferente tem os sistemas de microgeração de energia fotovoltaica, por se tratar de uma tecnologia bem mais nova. Os custos de implantação de um sistema de 4kWp estão na faixa de R\$ 30.000,00, com impostos a serem acrescidos. Entretanto, a pesquisa mostra uma evolução decrescente de preços ao longo de 25 anos. O preço de sistemas fotovoltaicos de até 10 kWp na Alemanha, instalados em telhados, reduziu-se em 2016, a menos de €2,0/Wp e essa baixa tem se mostrado no Brasil, também.

A pesquisa mostrou, também, como é o programa de energias renováveis na Alemanha, país onde a energia solar atingiu maior número de usuários no mundo. Para consolidação de seu programa, que tem como meta a redução em até 95% o nível de emissão de CO₂ na atmosfera até 2050, foi criado um esquema de remuneração para quem instalar painéis solares fotovoltaicos. As operadoras do país são obrigadas a comprar o que for produzido em excedente, pagando tarifas pré-estabelecidas, que valem por vinte anos. Assim, o custo benefício da instalação da tecnologia para esse tipo de energia se torna interessante.

Ainda neste sentido, como explicitado no embasamento teórico, percebe-se que embora os países mais desenvolvidos sejam os que influenciam de maneira mais contundente a transformação do meio, principalmente os europeus são os que estão buscando desenvolver as soluções, como é o caso da Alemanha, com fortes investimentos em pesquisa e educação ambiental.

5.2 RESUMO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo buscou avaliar que influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exerce no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores dessas instalações. A entrevista semiestruturada foi utilizada como técnica de pesquisa. Para efetivação das entrevistas foram construídos dois instrumentos de pesquisa de campo. Um a ser aplicado nos usuários de sistemas de aquecimento solar e outro em usuários de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica.

No estudo de caso para aquecimento solar foi escolhido o conjunto habitacional denominado de Moradias Nilo, estabelecida na cidade de Curitiba / PR. Nesta localidade foram implantadas 66 unidades habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida em parceria com a COHAB. Nessas unidades habitacionais foi aplicado um questionário em 40 residências. Foram coletadas informações acerca das características sócio econômicas das famílias residentes, compreendendo: sexo do respondente, tempo de moradia, renda familiar, grau de escolaridade, número de pessoas na habitação e ocupação do chefe da família.

A economia financeira se apresentou como a maior vantagem vista por parte dos moradores em relação à instalação do aquecimento solar. A média de economia, na percepção dos moradores é de 45,08%. A pesquisa confirmou, então, que os 12 milhões de m² de aquecedores solares instalados no Brasil promovem uma economia que não aparece relatórios do Ministério das Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética.

A pesquisa confirma, também, um crescimento muito grande em habitações de interesse social – baixa renda (HIS), uma vez que os programas sociais de habitação têm-se valido dessa tecnologia. E valida ainda, que o aquecedor solar ajuda a baixar o consumo total de energia do sistema energético brasileiro e melhora a renda dos segmentos populares que ganham até três salários mínimos.

Na avaliação da percepção ambiental dessa população, 52,5% consideram o aquecimento solar importante para o meio ambiente, embora alguns não saibam explicar. Para eles, a importância do Meio Ambiente envolve conceitos como a natureza 20,0%, a vida, 27,5%, e futuro 25,0%. Observou-se que 32,5% disseram que aprenderam esses conceitos na escola, 30,0% responderam que aprenderam

nos meios de comunicação, especialmente TV, e 22,5% indicaram que foram motivados pelas empresas onde trabalharam. A pesquisa revelou ainda, que existe um grande *déficit*, espaço e oportunidade para se trabalhar a educação ambiental neste tipo de população.

O estudo de caso para microgeração de energia solar fotovoltaica foi realizado na cidade de Curitiba / PR, onde foram instalados sistemas dessa tecnologia por opção do proprietário do imóvel. Foi aplicado um questionário em 30 residências. Da mesma forma que no estudo de caso anterior, no primeiro tópico foram coletadas informações acerca das características sócioeconômicas das famílias residentes.

Com relação à renda familiar, para esse tipo de tecnologia, 100% das famílias tem uma renda superior a três salários mínimos. Observando a escolaridade dessa população respondente, verifica-se que 58,6% têm ensino superior e que 41,4% são pós-graduados. E quanto à motivação para a instalação do microgerador 60,0% responderam que foi pela economia financeira, 36,7% disseram que foi a sustentabilidade ambiental e 3,3% responderam que estão fazendo um teste com a tecnologia.

Em média as residências gastavam R\$ 639,70 com energia elétrica e passaram a gastar R\$ 124,83, sendo, então, uma economia financeira média de 76,1%. Quanto ao consumo, a pesquisa evidenciou que as residências consumiam 718,30 kWh com eletricidade e passaram a consumir 111,70kWh. A média de economia no consumo de energia foi de 82,9%. A pesquisa de campo confirma, então, o crescimento dessa tecnologia, o benefício em termos de redução de gastos com energia para os usuários dessa tecnologia e de alívio do sistema elétrico nacional. A pesquisa de campo confirmou, também, os custos de aquisição do sistema. O valor médio de investimento inicial pago pelos usuários dessa tecnologia foi de R\$ 40.816,70.

Verificou-se uma percepção ambiental bastante apurada nesta população, pelas conversas nas entrevistas. Como resultado, 50% disseram que aprenderam esses conceitos no ambiente acadêmico, 13,3% devido à leitura à respeito, 13,3% apontaram à cultura geral e 10,0% atribuíram aos meios de comunicação. Para eles a educação geral e especificamente a educação ambiental é fator primordial em a busca da sustentabilidade.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

Recomendam-se os seguintes estudos que podem enriquecer as pesquisas desenvolvidas até o presente momento:

- Continuar avaliando o panorama do balanço energético brasileiro e paranaense, assim como a matriz de geração elétrica no Brasil e do Paraná, no sentido de identificar se crescerá a contribuição da energia solar.
- Obter mais dados do consumo de energia elétrica dos usuários das tecnologias de aquecimento solar e de microgeração fotovoltaica, com a finalidade de caracterizar, ainda melhor, seu o comportamento de consumo.
- Pesquisar a visão das concessionárias de energia a respeito dessas tecnologias, no sentido de entender se estão atentas para esse processo de evolução e preparando-se para ajudar o país neste caminho.
- Identificar as fases críticas do ciclo de vida dessas tecnologias analisando os principais impactos ambientais ligados à fase de produção da célula, montagem do painel e componentes do sistema, quanto emissão de gases de efeito de estufa e a poluição da água e do solo. Assim como, verificar a possibilidade de logística reversa e reciclagem desses materiais.
- Continuar investigando a percepção ambiental despertada na população que utiliza esses sistemas.
- Verificar se há investimentos no Brasil e se há a utilização da energia solar para produção de hidrogênio via eletrólise.
- Aprofundar estudos que efetivamente comecem a balizar políticas públicas de fomento e de investimento em matrizes alternativas de energia e ainda de educação ambiental.

6 REFERÊNCIAS

ACHÃO, C.C.L. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia no Setor Residencial Brasileiro**. 2003. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ACKERMAN, T; GÖRAN, A; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, 2001. DOI: 10.1016/S0378-7796(01)00101-8.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (ANP). **Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural 2016**. Brasília, 2017.

ASCERALD, H.. **Ambientalização das Lutas Sociais**: o caso do movimento por justiça ambiental. São Paulo: Estudos Avançados, 2010.

BARROS, H. A. **Anteprojeto de um sistema de 12KWp conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, LDA, 2009.

BRANCO, S. M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 2002.

BREHM, M. A. **Geração de energia elétrica fotovoltaica distribuída por pequenos consumidores domésticos no Paraná: potencialidades e aspectos sócio-ambientais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRITO M. C.; VALLÊRA, A. **Meio século de história fotovoltaico**. Lisboa: Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC), 2006.

COLLE, S. et al. Impacto da energia solar sobre o pico de demanda de energia de chuveiros elétricos de famílias de baixa renda no Brasil. In: XII Congrese Ibérico, 12, 2004, Vigo; Congreso Íbero Americano de Energía Solar, 7, 2004, Vigo. **Anais...** Vigo: Editora M. Vazquez; J. F. Seara, 2004.

COTTRELL, F. **Energy and Society: The Relation Between Energy, Social Change, and Economic Development**. New York: McGraw Hill, 1955.

DEMO, Pedro. **Metodologia científica em Ciências Sociais**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE AQUECIMENTO SOLAR (DASOL/ABRAVA). **Relatório de Pesquisa Produção de Coletores Solares para Aquecimento de Água e Reservatórios Térmicos no Brasil – Ano de 2015**. São Paulo: DASOL/ABRAVA, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM/MME). **Anuário Mineral Brasileiro 2010 – V35**. Brasília: DNPM / MME, 2011.

DORON, R.; PAROT, F. **Dicionário de Psicologia**. Lisboa: Climepsi Editores, 2001.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015**, Rio de Janeiro: EPE. 2016.

ENVIRONMENTAL POLICY INTEGRATION IN EUROPE (EEA). **State of play and an evaluation framework**. Copenhagen: [s.n.], 2005. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_2>.

FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental. Material e textos**. 2011. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

FANTINELLI, J. T. **Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares Estudo de caso em Contagem – MG**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2006.

FOLADORI, G. O Capitalismo e a crise ambiental. **Revista Raízes**, v. 18, n. 19, maio 1999.

FRAIDENRAICH, N. **Tecnologia solar no Brasil. Os próximos 20 anos**. Disponível em:

<http://www.feagri.unicamp.br/energia/energia2002/jdownloads/pdf/papers/paper_Fraidenraich.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2017.

FURTADO, C. **Em busca de novo modelo**. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

HEINLOTH, K. Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages legt abschließenden Bericht vor. **Physik Journal**, v. 46, n. 12, p. 487-489, 19 dez. 1990.

KNECHTEL, M. R.; FLORIANI, D. **Educação ambiental: epistemologia e metodologias**. Curitiba: Gráfica Vicentina, 2003.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder**. México: Siglo XXI Editores/PNUMA, 1998.

LEFF, E. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez Ed., 2003.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. de S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário – o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balancos Energéticos Estaduais 2016: Ano base 2015**, Brasília: MME, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME), colaboração EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília: MME / EPE, 2007.

MORIN, E. **Introducción al pensamiento complejo**. 3. ed. Barcelona: Gedisa, 1997.

NASPOLINI, H. F.; MILITÃO, H. S. G.; RÜTER, R. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. **Energy Conversion and Management**. V. 51, n. 12, dez. 2010.

O'CONNOR, J. ¿Es posible el Capitalismo sostenible? In: ALIMONDA, H. (Org.). **Ecología política, naturaleza, sociedad y utopía**. Buenos Aires: CLACSO, 2002.

OKAMOTO, J. **Percepção ambiental e comportamento**. São Paulo: Plêiade, 1996.

PEREIRA, E.B et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. Swera, São José dos Campos, 2006.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar.**, São José dos Campos: INPE, 2017.

PEREIRA, E. M. D. et al. Energia Solar Térmica. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org). **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

ROKEMBACH. H. L. **Aspectos sociais relacionados à difusão de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em residências na cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ROBBINS, S. **Comportamiento organizacional**, México: Prentice-Hall, 1999.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada á rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

WACHSMANN, Ulrike. **Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO2 no Brasil entre 1970 e 1996: Uma análise de decomposição estrutural. 2005**. Dissertação (Doutorado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

WHITE, L. A. **The Evolution of Culture**. New York :McGraw Hill, 1959.

WILD, M. et al. **A New Diagram of the Global Energy Balance**. , New York: American Institute of Physics, 2013.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. New York: Sage Publications, 1990.

ANEXO 1



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMADE – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

No. 01

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

02/09/13

A ENERGIA SOLAR DENTRO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ
ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL

QUESTIONÁRIO – AQUECIMENTO SOLAR (AS)

A) Caracterização Sócio Econômica

- 1) Sexo: ☒ Masculino ☐ Feminino 2) Tempo de Moradia: 25 anos
3) Renda Familiar: ☐ até 1 SM ☐ 1 a 3 SM ☒ Mais de 3 SM
4) Grau Escolaridade: ☐ Analfabeto ☐ até 4ª. Série ☐ E. Fundam. ☒ E. Médio ☐ 3º. grau
5) Número de pessoas na habitação: 4
6) Ocupação do chefe da família: TELEFONIA

B) Adequação ao uso do Aquecedor Solar

- 7) Sabe utilizar o A.S.? SIM
8) Houve algum treinamento? SIM - A CONSTRUTORA
9) Funciona bem? SIM
10) Na moradia anterior existia chuveiro? SIM 11) Que tipo? ELETRICO
12) O A. S. é mais confortável? SIM
13) Quanto tempo demora seu banho? 15 min
14) Somando todos da família, quanto tempo utilizam o AS por dia? 1 HORA

C) Economia de Energia e Financeira

- 15) A moradia anterior estava conectada à energia elétrica? SIM
16) Quanto gastava (R\$)? 140,00 17) Lembra em kWh? NÃO
18) E atualmente, quanto gasta? 80,00 19) Em kWh? NÃO
20) O A.S. já sofreu algum tipo de manutenção? SIM 21) Quem reparou? A CONSTRUTORA

D) Percepção Ambiental

- 22) Foi explicado por que instalaram o A.S.? SIM - ECONOMIA
23) Você considera o A. S. importante para o Meio Ambiente? SIM 24) Por quê? POISQUE DIMINUI A POLUIÇÃO
25) Para você, qual a importância do Meio Ambiente? IMPORTANTE PARA A VIDA
26) Onde aprendeu isso? EMPRESA ONDE TRABALHEI
27) Na sua opinião, enumere as vantagens do A.S., sendo 1 a mais importante:
3 Conforto 1 Financeira 2 Ambiental Outra:
28) O que gostaria de acrescentar, ainda, sobre o AS fazendo parte agora do cotidiano de sua família?
IMPORTANTE PELA ECONOMIA E PARA O MEIO AMBIENTE
29) O que você aprendeu sobre Meio Ambiente contribuiu para o entendimento do uso adequado do AS? SIM 30) Por quê? POISQUE VALORIZO MAIS O USO DO EQUIPAMENTO



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMAD – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

No. 10

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

02/09/17

**A ENERGIA SOLAR DENTRO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ
ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL**

QUESTIONÁRIO – AQUECIMENTO SOLAR (AS)

A) Caracterização Sócio Econômica

- 1) Sexo: ☒ Masculino ☐ Feminino 2) Tempo de Moradia: 25 anos
3) Renda Familiar: ☐ até 1 SM ☒ 1 a 3 SM ☐ Mais de 3 SM
4) Grau Escolaridade: ☐ Analfabeto ☐ até 4ª. Série ☒ E. Fundam. ☐ E. Médio ☐ 3º. grau
5) Número de pessoas na habitação: 3
6) Ocupação do chefe da família: APOSENTADO

B) Adequação ao uso do Aquecedor Solar

- 7) Sabe utilizar o A.S.? SIM
8) Houve algum treinamento? SIM - CONSTRUTORA
9) Funciona bem? SIM
10) Na moradia anterior existia chuveiro? SIM 11) Que tipo? ELETRICO
12) O A. S. é mais confortável? SIM
13) Quanto tempo demora seu banho? 10 min
14) Somando todos da família, quanto tempo utilizam o AS por dia? 40 min

C) Economia de Energia e Financeira

- 15) A moradia anterior estava conectada à energia elétrica? SIM
16) Quanto gastava (R\$)? 110,00 17) Lembra em kWh? NÃO
18) E atualmente, quanto gasta? 60,00 19) Em kWh? NÃO
20) O A.S. já sofreu algum tipo de manutenção? NÃO 21) Quem reparou? _____

D) Percepção Ambiental

- 22) Foi explicado por que instalaram o A.S.? SIM - ECONOMIA DE ENERGIA
23) Você considera o A. S. importante para o Meio Ambiente? SIM 24) Por quê? POIS O
MEHOR USO DA ENERGIA É BOM PARA O M.A.
25) Para você, qual a importância do Meio Ambiente? IMPORTANTE PARA A VIDA
26) Onde aprendeu isso? NA EMPRESA ONDE EU TRABALHAVA
27) Na sua opinião, enumere as vantagens do A.S., sendo 1 a mais importante:
2 Conforto 1 Financeira 3 Ambiental _____ Outra: _____
28) O que gostaria de acrescentar, ainda, sobre o AS fazendo parte agora do cotidiano de sua família?
TOCOS AQUI EM CASA GOSTAM
29) O que você aprendeu sobre Meio Ambiente contribuiu para o entendimento do uso adequado do
AS? SIM 30) Por quê? POIS CUIDAMOS MAIS DO
EQUIPAMENTO.

ANEXO 2



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMADE – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

No. 01

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

A ENERGIA SOLAR DENTRO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ
ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL

QUESTIONÁRIO – MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

A) Caracterização Sócio Econômica

- 1) Sexo: ☒ Masculino ☐ Feminino 2) Tempo de Moradia: 10 meses
3) Renda Familiar: ☐ até 1 SM ☐ 1 a 3 SM ☒ Mais de 3 SM
4) Grau Escolaridade: ☐ até 4ª. Série ☐ E. Fundam. ☐ E. Médio ☒ 3º. Grau ☒ Pós Grad.
5) Número de pessoas na habitação: 4 PESSOAS
6) Ocupação do chefe da família: SE SERVIDOR PÚBLICO

B) Adequação ao uso do Microgerador Fotovoltaico

- 7) Quando instalou o microgerador? 10 MESES
8) Houve algum treinamento? SIM
9) Funciona bem? SIM
10) Por que optou por instalar o microgerador? SUSTENTABILIDADE LETICIA
FINANCEIRO

C) Economia de Energia e Financeira

- 11) Quanto gastava com energia elétrica antes do gerador? 270 kWh 12) Lembra em kWh? R\$ 200,00
13) E atualmente, quanto gasta? 90 kWh 14) Em kWh? R\$ 3500
15) Qual foi o investimento no sistema? R\$ 21.000,00
16) Já retornou? NÃO 17) Em quanto tempo? 5,0 ANOS

D) Percepção Ambiental

- 18) Você considera o microgerador importante para o Meio Ambiente? SIM 19) Por quê? POIS ENERGIA / NECESSITA DE INSTRUMENTOS
20) Para você, qual a importância do Meio Ambiente? MUITO IMPORTANTE PARA A VIDA
21) Onde aprendeu isso? MEIO ACADÊMICO
22) Na sua opinião, enumere as vantagens do microgerador, sendo 1 a mais importante:
2 Financeira 1 Ambiental 3 Valorização Imóvel Outra:
23) Tem ideia da quantidade de CO₂ é emitida por cada kWh gerado pelo Sistema Elétrico Nacional?
SIM 24) Quanto? NÃO
25) Na sua opinião, o Brasil deveria investir mais nesta tecnologia? SIM 26) Por quê? PARA A PRESERVAÇÃO DO M.A.
27) O que gostaria de acrescentar, ainda, sobre o microgerador fazendo parte agora do cotidiano de sua família? NÃO
28) O que você aprendeu sobre Meio Ambiente contribuiu para o entendimento do uso adequado do microgerador? SIM 29) Por quê? ÁREA ACADÊMICA FOCA ISSO

RUA TOBIAS DE MACEDO (CONDOMÍNIO)



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMADE – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

No. 07

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

**A ENERGIA SOLAR DENTRO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO PARANÁ
ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E DE SUSTENTABILIDADE LOCAL**

QUESTIONÁRIO – MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

A) Caracterização Sócio Econômica

- 1) Sexo: ☒ Masculino ☐ Feminino 2) Tempo de Moradia: 1 ANO
3) Renda Familiar: ☐ até 1 SM ☐ 1 a 3 SM ☒ Mais de 3 SM
4) Grau Escolaridade: ☐ até 4ª. Série ☐ E. Fundam. ☐ E. Médio ☐ 3º. Grau ☒ Pós Grad.
5) Número de pessoas na habitação: 3 PESSOAS
6) Ocupação do chefe da família: PROFESSOR

B) Adequação ao uso do Microgerador Fotovoltaico

- 7) Quando instalou o microgerador? 1 ANO
8) Houve algum treinamento? SIM
9) Funciona bem? MUITO BEM
10) Por que optou por instalar o microgerador? CONSTRUIU A CASA
C/ PÁREDES SUSTENTÁVEIS - ARQUITETO

C) Economia de Energia e Financeira

- 11) Quanto gastava com energia elétrica antes do gerador? 270,00 12) Lembra em kWh? 300
13) E atualmente, quanto gasta? 120,00 14) Em kWh? - 80
15) Qual foi o investimento no sistema? R\$ 30.000,00
16) Já retornou? NÃO 17) Em quanto tempo? 7 ANOS

D) Percepção Ambiental

- 18) Você considera o microgerador importante para o Meio Ambiente? SIM 19) Por quê? BANDEIRA VERMELHA - DIFICULDADE C/ ENERGIA
20) Para você, qual a importância do Meio Ambiente? PARA A VIDA ATUAL E FUTURA
21) Onde aprendeu isso? CULTELA GERAL / LECTURA
22) Na sua opinião, enumere as vantagens do microgerador, sendo 1 a mais importante:
2 Financeira 1 Ambiental 3 Valorização Imóvel Outra:
23) Tem ideia da quantidade de CO₂ é emitida por cada kWh gerado pelo Sistema Elétrico Nacional?
NÃO 24) Quanto?
25) Na sua opinião, o Brasil deveria investir mais nesta tecnologia? SIM 26) Por quê? POÍTICA PÚBLICA PARA ISSO
27) O que gostaria de acrescentar, ainda, sobre o microgerador fazendo parte agora do cotidiano de sua família? LOCAR PISO AQUECIDO
28) O que você aprendeu sobre Meio Ambiente contribuiu para o entendimento do uso adequado do microgerador? SIM 29) Por quê? MAI COLOCAR AQUECIMENTO SOLAR
TAMBÉM

RUA JOÃO KOSSOSKI

(MOSSUNGUÊ)